

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

CONSUMO DE MATERIA SECA EN DIFERENTES ESTRATEGIAS DE
ALIMENTACIÓN Y CONTROL DE AMBIENTE PRODUCTIVO DURANTE EL
PRIMER TERCIO DE LA LACTANCIA EN VACAS HOLANDO

por

María Susana MACKINNON AMORÍN
Catalina RIVOIR CAAMAÑO
Camila SIMETO CADENAS

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2020

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. PhD. Pablo Chilibroste

Ing. Agr. MSc. Gastón Ortega

Dra. María de Lourdes Adrien

Fecha: 25 de setiembre de 2020

Autoras:

María Susana Mackinnon Amorín

Catalina Rivoir Caamaño

Camila Simeto Cadenas

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía, que nos brindó amistades que nos llevamos para la vida, y a la EEMAC que siempre llevaremos en el recuerdo con cariño.

Al equipo de bovinos de leche de la EEMAC; Diego, Gabriel, Graciana, Lourdes, Lucía, Matías, Alejandra, María Noel, Oliver y funcionarios del tambo, por su ayuda durante todo el periodo. En especial, a nuestro tutor, Pablo Chilibroste, por su apoyo, gran dedicación, paciencia y por habernos ofrecido muchas oportunidades e instancias de aprendizaje.

A mi familia, mamá y papá, y a mis hermanos Rafa y Ana, por siempre confiar en mi potencial, creer en uno mismo y constante apoyo en toda la carrera. A mis amigas que formé gracias a la facultad que quedarán, y a mis amigas de siempre que estuvieron constantemente apoyando.

A mi familia, mamá, papá y abuela, por haber sido un gran sostén en toda mi carrera, a mi hermana Agus, por haberme acompañado en esta carrera, estudiado, apoyado y aprendido juntas, a mis amigas, que estuvieron siempre y a las que formé durante esta carrera. A Guille, por su gran apoyo constante y compañía.

Agradezco a mi familia completa por el apoyo constante durante todos estos años. A los amigos de siempre, a los conocidos en el camino y a todas las personas que de una manera u otra estuvieron apoyando y ayudando durante esta hermosa etapa.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 VACA EN TRANSICIÓN	3
2.2 CONDICIÓN CORPORAL	5
2.3 CONSUMO	5
2.3.1 <u>Factores que afectan al consumo</u>	6
2.4 CONSUMO EN PASTOREO	6
2.5 TEORÍAS DE REGULACIÓN DEL CONSUMO EN PASTOREO	7
2.5.1 <u>Regulación física del consumo</u>	7
2.5.2 <u>Regulación metabólica del consumo</u>	7
2.6 COMPORTAMIENTO INGESTIVO	8
2.6.1 <u>Tasa de consumo en pastoreo</u>	8
2.6.2 <u>Tiempo de pastoreo</u>	9
2.6.3 <u>Tiempo de acceso a la pastura</u>	9
2.7 ESTRATEGIA DE ALIMENTACIÓN, USO DE RACIÓN TOTALMENTE MEZCLADA Y RESPUESTA PRODUCTIVA EN VACAS LECHERAS	10
2.8 INFLUENCIA DEL AMBIENTE SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN.....	12

2.8.1	<u>Estrés calórico</u>	12
2.8.2	<u>Efecto de la sombra, ventilación forzada y aspersión</u>	13
2.8.3	<u>Efecto del estrés calórico sobre la composición de la leche</u>	14
2.9	CAMA CALIENTE O COMPOST	15
2.10	COMPOSICIÓN DE LA LECHE	16
2.10.1	<u>Factores que hacen variar la composición</u>	16
2.10.2	<u>Grasa</u>	18
2.10.3	<u>Lactosa</u>	18
2.10.4	<u>Proteína</u>	19
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	21
3.1	LOCALIZACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL	21
3.2	ANIMALES	21
3.3	DISEÑO EXPERIMENTAL	21
3.4	TRATAMIENTOS	21
3.4.1	<u>Tratamiento AC-DTM</u>	22
3.4.2	<u>Tratamiento AC-DPM</u>	22
3.4.3	<u>Tratamiento BC-DPM</u>	22
3.5	RUTINA, INSTALACIONES Y MANEJO	23
3.6	ALIMENTACIÓN	23
3.6.1	<u>Pastura</u>	23
3.6.2	<u>Suplementación</u>	24
3.7	MEDICIONES REALIZADAS	26
3.7.1	<u>Disponibilidad de pasto (kg MS/ha)</u>	26
3.7.2	<u>Producción individual de leche</u>	26

3.7.3	<u>Composición de la leche</u>	27
3.7.4	<u>Peso vivo (PV)</u>	27
3.7.5	<u>Condición corporal (CC)</u>	27
3.7.6	<u>Composición química de la pastura y ración totalmente mezclada</u>	27
3.7.7	<u>Oferta y consumo de ración totalmente mezclada</u>	27
3.7.8	<u>Balance energético</u>	27
3.7.8.1	Consumo de pastura.....	27
3.7.8.2	Estimación de energía de la pastura.....	28
3.7.8.3	Estimación de energía de los componentes y de la RTM	29
3.7.8.4	Digestibilidades verdaderas para cálculo de ED de los alimentos de la RTM.....	29
3.7.8.5	Condición corporal	29
3.7.8.6	Proporciones de proteína y grasa corporal.....	29
3.7.8.7	Reservas totales de energía.....	30
3.7.8.8	Pérdida de peso por energía.....	30
3.7.8.9	Consumo de materia seca	30
3.7.9	<u>ITH (Índice de temperatura y humedad)</u>	31
3.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
4.	<u>RESULTADOS</u>	33
4.1	CLIMA	33
4.1.1	<u>Condiciones climáticas a lo largo del periodo</u>	33
4.1.2	<u>ITH (índice de temperatura y humedad)</u>	34
4.2	PASTURA, RTM, OFERTA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	35
4.2.1	<u>Pastura</u>	35
4.2.2	<u>Composición química y aporte energético de la pastura</u>	36
4.2.3	<u>Ración totalmente mezclada (RTM)</u>	36
4.2.4	<u>Digestibilidad de la materia orgánica (DMO%) de los alimentos</u>	36

4.3	PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE	37
4.3.1	<u>Producción de leche</u>	37
4.3.2	<u>Composición de la leche</u>	39
4.4	BALANCE ENERGÉTICO Y DE MATERIA SECA	39
4.4.1	<u>Movilización de reservas</u>	39
4.4.2	<u>Requerimientos y consumo de energía neta de lactación</u>	40
4.4.3	<u>Requerimientos y consumo de materia seca (CMS)</u>	41
4.5	CONDICIÓN CORPORAL	46
5.	<u>DISCUSIÓN</u>	48
5.1	PRODUCCIÓN DE LECHE Y CONSUMO DE MATERIA SECA	48
5.2	CONTENIDO Y CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS	51
5.3	MOVILIZACIÓN DE RESERVAS.....	52
5.4	CONDICIÓN CORPORAL	53
6.	<u>CONCLUSIONES</u>	54
7.	<u>RESUMEN</u>	55
8.	<u>SUMMARY</u>	57
9.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	59
10.	<u>ANEXOS</u>	59

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Composición química de la pastura de AC-DPM	24
2. Composición química de la pastura de BC-DPM	24
3. Proporción de los alimentos de la RTM.....	25
4. Composición química de los alimentos componentes de la RTM	25
5. Composición química de la RTM de cada semana de lactación	25
6. Composición de los alimentos del concentrado	25
7. Glosario de las abreviaciones utilizadas	31
8. Días en la semana con ITH>68	34
9. Disponibilidad y asignación de forraje	35
10. Aporte energético de las pasturas.....	36
11. Aporte energético de los alimentos ofrecidos	36
12. Digestibilidad de la materia orgánica (%DMO) de los alimentos	37
13. Producción de leche de los tres tratamientos	37
14. Producción de leche de los tres tratamientos según semana de lactación.....	38
15. Composición de la leche (kg sólidos y %) de los tratamientos	39
16. Movilización de energía de las reservas corporales, expresadas en Mcal/d para cada tratamiento	40
17. Requerimientos calculados de energía neta en Mcal/d promedio y porcentaje de energía de actividad	41
18. Requerimientos de CMS (kg MS/d) calculado por NRC, según semana de lactación para los tres tratamientos	42
19. Consumo de MS (kg MS/d) y ENL (Mcal/d) de los tratamientos	42
20. Consumo de materia seca (kg MS/d) de los tres tratamientos según semana de lactación	43
21. Consumo de RTM, expresada en kg MS/d de los tratamientos según semana de lactación	45
22. Componentes de la dieta y su relación forraje/concentrado.....	46
23. Condición corporal de los tres tratamientos.....	46
24. Condición corporal para los tres tratamientos según DPP	47

Figura No.

1. Variación del peso vivo (kg), consumo de materia seca (kgMS/día) y producción de leche (lts/día) según mes de lactación.	4
2. Esquema del procedimiento del cálculo de consumo total de materia seca.....	31
3. Precipitaciones y temperatura media del periodo estudiado	33
4. Producción de leche promedio semanal en relación al ITH.....	34
5. Producción de leche promedio para los tres tratamientos en función de las semanas de lactación (SL)	38
6. Consumo de materia seca total (Kg MS/VO/d) a lo largo de las semanas de lactación.	44
7. Gráfico de barras de consumo de MS total, RTM y pastura promedio.....	44
8. Evolución del consumo de RTM a lo largo de las semanas de lactación	45
9. Evolución de condición corporal en relación a las semanas post-parto.....	47

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de leche dominantes en Uruguay están basados en una dieta mayormente pastoril, compuesta por praderas de gramíneas, leguminosas y verdeos estacionales, donde el animal cosecha directamente. Según datos del Proyecto de Producción Competitiva de Conaprole (Chilibroste y Battegazzore, s.f.), la estructura de alimentación se compone en un 57% de pastura, 25% de concentrados y 18% de reservas.

La suplementación con concentrados y reservas forrajeras son empleados en momentos estratégicos, como el primer tercio de la lactancia o en estaciones donde el forraje es deficitario, como sucede en otoño. De esa manera, tratando de corregir los desbalances entre oferta y demanda de nutrientes.

Estos sistemas tradicionales en Uruguay “a cielo abierto” poseen ciertos aspectos limitantes. Uno de ellos es la exposición a diferentes condiciones climáticas, como son las altas temperaturas, humedad, precipitaciones, granizo, barro, entre otras, que afectan de diferente modo a las variables productivas.

Otra de las limitantes es que, bajo condiciones de pastoreo el consumo de materia seca total, la ingesta de nutrientes y la producción de leche es menor respecto a cuándo son alimentadas con raciones totalmente mezcladas (RTM). Uno de los factores que afecta la producción de leche es el aporte de energía metabolizable por parte de la pastura, ya que la tasa de degradación de la misma es menor comparada con dietas 100% RTM.

Datos nacionales sostienen que en las primeras 10 semanas de lactancia vacas alimentadas 100% con RTM logran mayores consumos diarios de materia seca y mayores producciones de leche que aquellas con dietas combinadas (50% RTM y pastoreo, Fajardo et al., 2015).

En investigaciones nacionales el análisis de las curvas de lactancia sugiere que los animales no logran expresar su potencial productivo, seguramente en respuesta al desacople entre requerimientos-oferta de nutrientes y ambiente productivo (Chilibroste et al., 2012a).

Por esta causa, en la actualidad y precisamente en Uruguay, se ha planteado la discusión de cómo impactan los diferentes ambientes productivos y la combinación de diferentes sistemas de alimentación sobre las variables productivas y a lo largo de la cadena láctea.

De esta manera el objetivo general de este estudio fue comparar cómo repercuten diferentes estrategias de alimentación, como lo es el uso de raciones totalmente mezcladas (RTM) y pastoreo intensivo, en diferentes niveles de control del ambiente productivo,

sobre las variables productivas, como producción de leche y principalmente, sobre el consumo de materia seca total. Como objetivos específicos se plantea evaluar el efecto de las diferentes estrategias de alimentación y control del ambiente sobre producción de leche, composición de la misma, consumo de materia seca total, consumo y requerimientos de energía y evolución de la condición corporal.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 VACA EN TRANSICIÓN

El periodo de vaca en transición comprende un periodo de tres semanas antes del parto y tres semanas luego del mismo.

La transición del estado preñada no lactante al no preñado lactante es un cambio dramático para la vaca, la cual debe adaptar su metabolismo durante las primeras semanas posparto a las fuertes exigencias que le demanda la producción y al cambio de régimen alimenticio acorde con su nuevo nivel de requerimientos (Drackley, 1999).

A la alta demanda metabólica por producción de leche se le suma la disminución (~ 30%) del consumo previo al parto (Grummer, 1995) que promueve la movilización de reservas corporales, es decir, el balance energético negativo (BEN), esto se refiere a que la cantidad de energía requerida para mantener la producción de leche supera la de la ingesta y la vaca debe movilizar nutrientes de las reservas corporales (Chilliard, 1999), y esto es visible en la pérdida de condición corporal (Bauman y Currie, 1980).

La severidad del balance energético negativo para cada vaca dependerá del potencial genético de producción, de las reservas corporales, y de la ingesta de materia seca (Ingvarsen y Andersen, 2000).

De estos factores se sugirió que el más importante en determinar la magnitud del balance energético negativo es la ingesta (Ingvarsen y Andersen, 2000).

La cantidad de leche producida por la vaca está determinada en gran parte por la cantidad y calidad de nutrientes ingeridos en la dieta. En lactancia temprana el animal utiliza reservas corporales como recurso de nutrientes, particularmente aminoácidos y lípidos, pero esta contribución se ve limitada en comparación a la cantidad de metabolitos secretados por la alta producción de leche. La ingesta de nutrientes depende de dos factores: la cantidad de materia seca consumida por día y la densidad de nutrientes contenida en ese consumo de materia seca (Chesworth et al., 1998).

En la figura No. 1, tomada de Chesworth et al. (1998), se ilustra de forma teórica el comportamiento del peso vivo (body weight), el consumo (food intake) y la producción de leche (milk yield) según el mes de lactación.

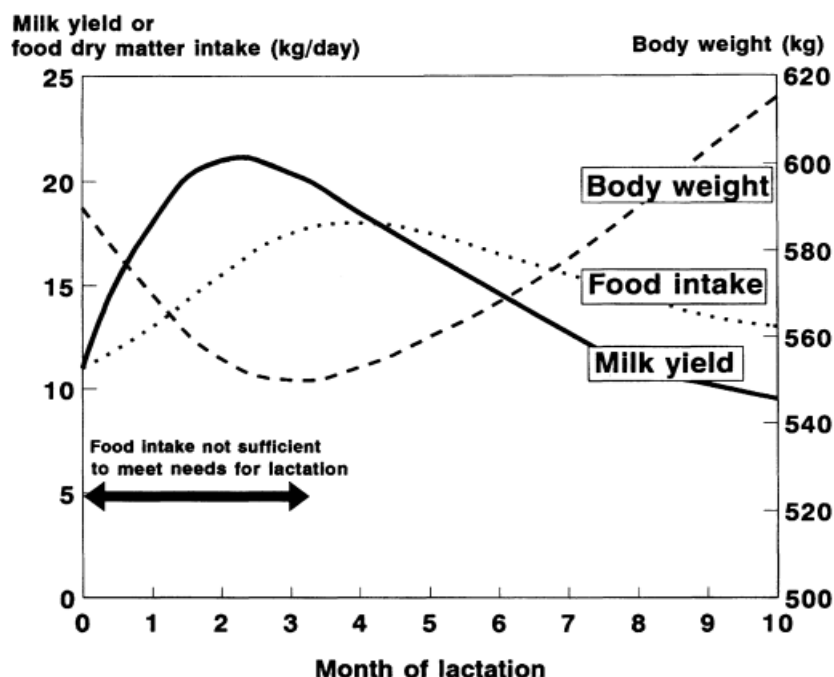


Figura No. 1. Variación del peso vivo (kg), consumo de materia seca (kg MS/día) y producción de leche (l/día) según mes de lactación

Fuente: Chesworth et al. (1998).

El consumo se incrementa durante la lactación, en lactancia tardía el mismo cubre los requerimientos de lactación y se logra reponer la pérdida de estado corporal ocurrida al inicio (Chesworth et al., 1998).

En lactancia temprana la vaca no es capaz de consumir la cantidad necesaria de alimento para cubrir los nutrientes que son acarreados en la leche, resultando en una pérdida de peso y estado corporal. La vaca tiene que realizar la repartición de nutrientes para su propio metabolismo y para los requerimientos de lactación. En el inicio de la lactancia hay un gran cambio en el metabolismo de los tejidos; en el tejido adiposo se deprime la lipogénesis y se estimula la lipólisis, en el hígado aumenta la producción de glucosa y en el músculo esquelético incrementa la degradación proteica, y la utilización de la glucosa se reduce. Todos estos cambios tienen el propósito de reducir el uso de precursores en estos tejidos y destinarlos a la glándula mamaria. El control de estos procesos proviene del sistema endócrino del animal (Chesworth et al., 1998).

En lo que respecta al consumo, Chesworth et al. (1998) señalan que el mismo está determinado en gran parte por la habilidad del rumen de degradar rápidamente el alimento y esto depende de la velocidad de fermentación.

Las diferentes dietas influyen sobre las condiciones del rumen, sobre el consumo de materia seca, la eficiencia digestiva y por lo tanto sobre la producción del animal.

2.2 CONDICIÓN CORPORAL

El nivel productivo de las vacas mantiene una estrecha relación con el estado corporal de las vacas al parto (Álvarez, 1999). Múltiples estudios han demostrado que las vacas que se encuentran demasiado delgadas poseen una producción de leche reducida debido al déficit de reservas disponibles para utilizar al comienzo de la lactancia.

Vacas con baja condición corporal (CC) presentan una mayor probabilidad de incidencia de ciertas enfermedades metabólicas y una reiniciación demorada del ciclo estral. Por el otro lado las vacas que se encuentran gordas, poseen un mayor número de complicaciones al parto, entre ellas una depresión del consumo voluntario de MS el cual incrementa la incidencia de cetosis y síndrome de vaca gorda además de la reducción láctea. La meta es obtener vacas con una “buena” condición al momento del parto (Wattiaux, 2014).

La condición corporal es una medida subjetiva utilizada para calcular la cantidad de energía metabolizable almacenada en el tejido adiposo y músculo (reservas corporales). Se usa una escala del 1 al 5, utilizando 0,25 unidades de incremento. Puntuaciones de 1 indican un estado de desnutrición y 5 un estado de obesidad (Edmonson et al., 1989).

La CC cambia a lo largo del ciclo de la lactancia, las vacas luego de parir entran en un balance energético negativo (BEN) movilizand o reservas corporales. Corea-Guillén et al. (2004) relacionan el hecho de que vacas con mayores producciones presentan altas demandas de energía, en el cuál resultan en mayores pérdidas de CC post parto. Esto se debe a la alta demanda energética que requiere la producción de leche. De todas formas Butler y Smith (1989) dicen que independientemente de su nivel de producción todas las vacas se mantienen dentro del BEN durante las primeras seis a ocho semanas.

Teóricamente, los grados de CC recomendados durante los diferentes estadios de lactancia corresponden a 3,0- 3,5 al parto, 2,5 al servicio, 3,0- 3,5 durante la última parte de la lactancia y mantener la misma durante el periodo de vaca seca (Wattiaux, 2014).

2.3 CONSUMO

La cantidad de alimento que un animal puede consumir es, en forma individual, el factor más importante en la determinación de la performance animal (Chilibroste, 1998a).

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

2.3.1 Factores que afectan al consumo

Existe una larga lista de factores que afectan el consumo voluntario de materia seca (Ingvarsen, citado por Chilibroste, 1998a), estos son:

- Factores inherentes al alimento (especie forraje, composición de la dieta, composición química, digestibilidad, cinética de degradación, cinética de pasaje, forma física, forma de conservación, contenido de materia seca, calidad de fermentación, palatabilidad y contenido de grasa).
- Factores inherentes al animal (raza, sexo, genotipo, peso vivo, etapa de crecimiento, edad, producción de leche, etapa de lactancia, preñez, historia nutricional, condición corporal y enfermedades).
- Factores inherentes al manejo y el ambiente (tiempo de acceso al alimento, frecuencia de alimentación, dieta completa o no, anabólicos, aditivos, sales minerales, disponibilidad de espacio, tamaño de comederos, fotoperiodo, temperatura y humedad).

En sistemas pastoriles, son de importancia los factores de la pastura tales como disponibilidad, estructura, densidad y/o altura del forraje y del animal tales como tasa de cosecha, estrategia de pastoreo, selectividad, etc., que son elementos relevantes en el análisis del control del consumo bajo dicha condición (Chilibroste, 1998a).

2.4 CONSUMO EN PASTOREO

En rumiantes en pastoreo, el patrón diario de consumo (distribución y frecuencia de sesiones de consumo) se relaciona a características particulares de cada momento del día (Gregorini et al. 2006a, 2008a).

El consumo total de materia seca y selección de forraje en pastoreo es mediado por la conducta en pastoreo que resulta de la integración por parte del animal de señales de corto y largo plazo (Forbes, citado por Chilibroste, 2010).

Según Chilibroste (1998a), cuando los animales están consumiendo forrajes como principal componente de la dieta "el llenado" o "regulación física" ha sido el mecanismo más comúnmente aceptado como primer limitante al consumo de materia seca.

En condiciones de pastoreo el "comportamiento ingestivo" o la capacidad de adaptación de los animales a cambios en las propiedades físico-estructurales de la pastura

ha recibido también considerable atención como limitante para lograr un alto consumo voluntario de materia seca (Hodgson 1985, Laca et al. 1992, 1994).

2.5 TEORÍAS DE REGULACIÓN DEL CONSUMO EN PASTOREO

El control del consumo de forraje bajo pastoreo es un proceso complejo en el que intervienen múltiples factores interdependientes (Chilibroste, 1998a).

Según Mejía (2002), existen varias revisiones que documentan los factores que controlan el consumo voluntario de forraje (Greenhalgh 1982, Allison 1985, NRC 1987, Minson 1990, Chávez 1995, entre otros) coincidiendo en dos teorías responsables de la regulación del consumo: la teoría física, relacionada con la capacidad del tracto digestivo, relacionado a la capacidad de llenado del rumen con materia seca o fibra y la teoría quimostática, basada en la densidad calórica de la dieta.

2.5.1 Regulación física del consumo

Según Chilibroste (1998a), la teoría de regulación física del consumo establece que el animal puede consumir hasta que el "nivel de llenado del rumen", produce una distensión de las paredes ruminales suficiente para activar los receptores mecánicos, quienes enviarían información al sistema nervioso central, que una vez procesada, señalaría el cese del consumo.

La presión sobre las paredes del rumen es aumentada por el consumo de materia seca y aliviada por dos procesos simultáneos y competitivos: degradación del contenido ruminal a cargo de la microflora fermentativa y pasaje de las fracciones insolubles.

Una vez que la presión sobre la pared ruminal es aliviada por el efecto combinado de estos dos procesos, el estímulo sobre los receptores desaparece y el consumo puede reiniciarse.

Conrad et al., citados por Chilibroste (1998a) reportan que existe una relación positiva entre la digestibilidad y el consumo en el rango en que la regulación física es la responsable en determinar el mismo, con digestibilidades de los alimentos hasta 66%. Con digestibilidades mayores al 66% no existiría efecto de la regulación física y el consumo pasaría a ser regulado por condiciones fisiológicas inherentes al animal.

2.5.2 Regulación metabólica del consumo

La ingestión de alimentos genera respuestas de retroalimentación (Provenza, citado por Gregorini, 2011), es decir, estímulos que motivan (positivos) o no (negativos) acciones ingestivas. En el rumen, los principales estímulos de retroalimentación negativos son los productos y patrón de la fermentación ruminal, como ácidos grasos volátiles (AGV) y N amoniacal (N-NH₃, Forbes, citado por Gregorini, 2011).

El ácido acético (Ac) es el AGV de mayor producción y absorción en el rumen, sitio donde ejerce su mayor estímulo negativo (Faverdin, 1999). Sin embargo, el acético parece tener un rol menos determinante del consumo con respecto a los efectos del ácido propiónico (Pr, Farningham y Whyte, 1993), o al total de AGV producidos en rumen (Provenza, 1995).

Las diferentes dietas influyen en el comportamiento y funcionamiento del rumen y esto repercute en el consumo de materia seca, en la eficiencia digestiva y por lo tanto en la producción de leche. Así es que, dietas que aumenten la actividad microbiana, el flujo de saliva hacia el rumen, ritmo normal de contracciones del rumen, tendrá influencia positiva sobre el consumo y la digestión de los alimentos. En cambio, dietas que inhiban la flora y actividad microbiana desemboca en una menor rumia, menor poder buffer y por ende afecta el funcionamiento del rumen, esto afectará a la tasa de degradación y bajará el consumo consecuentemente (Taweel, 2004).

2.6 COMPORTAMIENTO INGESTIVO

Los rumiantes en pastoreo consumen su alimento en un número discreto de comidas, denominados sesiones de pastoreo (SP, Gregorini et al., 2006).

Las sesiones de pastoreo (SP) pueden definirse como períodos de tiempo ininterrumpidos en que el animal pastorea sin parar, donde se dedica a la búsqueda, aprehensión y deglución de forraje (Gibb, 1998). Las SP se alternan con períodos de rumia y descanso (Forbes, 1995).

En condiciones de pastoreo el consumo surge del producto de la tasa de consumo (g/minuto) y el tiempo de pastoreo efectivo (minutos, Chilibroste, 1998a).

2.6.1 Tasa de consumo en pastoreo

La tasa de consumo puede ser descompuesta como el producto entre tasa de bocados (bocados/minuto) y peso de cada bocado individual (Chilibroste, 1998a).

Según Chilibroste (1998a), actualmente se considera la altura del forraje disponible como la variable de la pastura más directamente asociada al tamaño de bocado y a la tasa de consumo instantáneo. Se han reportado relaciones lineales entre tamaño de bocado y altura de la pastura para un amplio rango de situaciones productivas (Hodgson 1985, Forbes 1988, Demment et al. 1995).

El peso del bocado individual ha sido reconocido en la determinación de la tasa de consumo lograda por los rumiantes (Hodgson 1990, Ungar 1996). En términos generales, pasturas más densas permiten mayores tasas de consumo como consecuencia de mayor peso de bocados (Chilibroste, 1998a).

En general a medida que la altura y/o la masa de forraje disponible para los animales disminuyen el peso de cada bocado individual declina, puede ser compensado, dentro de ciertos límites, por un aumento en el tiempo de pastoreo y en la tasa de bocado.

Las posibilidades de compensación son limitadas ya que difícilmente los animales pueden superar tiempos de pastoreo de 10 a 11 horas/día (Stakellum y Dillon, citados por Chilbroste, 1998a) ni aumentar la tasa de cosecha más allá de lo que le permite su anatomía bucal.

2.6.2 Tiempo de pastoreo

El tiempo de pastoreo diario puede hallarse como la suma de los largos de las diferentes sesiones o comidas que el animal realiza durante el día (Gill et al., 1994). Viéndose éste afectado por las actividades tales como búsqueda, cosecha, masticado e ingestión del forraje (Laca et al., 1996).

El tiempo de pastoreo aumenta a medida que disminuye la biomasa o la altura de la pastura (Allden y Whittaker 1970, Chacon et al. 1978, Forbes y Coleman 1987).

Barrett et al., Benvenuti et al., citados por Mendonça et al. (2010) confirman que los animales aumentan su tiempo de pastoreo cuando necesitan compensar una menor tasa instantánea de consumo de MS, que ocurre en situaciones de pastoreo continuo o permanencia de muchos días en una franja. Pulido et al. (2010) reportan que en animales de parición de otoño en dos asignaciones diferentes alta y baja (38,5 kg MS/día y 25,5 kg MS/día respectivamente), obtuvieron como resultado un mayor tiempo de pastoreo para la baja asignación, registrándose además un mayor número de bocados por minuto y un menor tiempo de rumia.

2.6.3 Tiempo de acceso a la pastura

Según Soca (2000) la restricción en el tiempo de acceso a la pastura conduce a aumentos en la proporción del tiempo dedicado a pastoreo, lo que se logra a través de una disminución en el tiempo dedicado a rumia y descanso (Soca, 2000).

Tanto en vacas lecheras (Orr et al., 2001) como en vaquillonas para carne (Gregorini et al. 2006b, 2008b) intervinieron en el patrón diario-natural de consumo y observaron cómo el hecho de asignar la parcela diaria durante la tarde estimula la motivación de vacas y vaquillonas a intensificar y concentrar las sesiones de consumo en horas del atardecer, momento del día en el cual el forraje presenta su mayor valor nutritivo y alimenticio (Gregorini, 2011).

2.7 ESTRATEGIA DE ALIMENTACIÓN, USO DE RACIÓN TOTALMENTE MEZCLADA Y RESPUESTA PRODUCTIVA EN VACAS LECHERAS

La dieta totalmente mezclada (DTM), surge como una opción a la intensificación de la producción de leche en los sistemas pastoriles. Se basa en la mezcla de concentrados energéticos y proteicos (Fajardo, 2013) generando una dieta balanceada con el objetivo de maximizar la performance animal (Lammers et al., 2016).

Este sistema es capaz de defenderse y enfrentarse a los desafíos climáticos, mejorando así la producción y rentabilidad. Este medio, es adaptable en diversos ambientes permitiendo así consistencia y sostenibilidad en el tiempo (Barber et al., 2020).

Para medir el efecto de la DTM, se evaluó mediante experimentos, los resultados de producción individual, Soriano et al. (2001) evaluaron las diferencias en producción en vacas lecheras con 180 días pos parto (DPP), comparó los resultados de tres tratamientos; T1, aquel que se le ofreció 100% DTM, T2 constó de pastoreo en la mañana y DTM en la tarde, T3, se le ofreció DTM por la mañana y pastoreo en la tarde.

Los resultados demostraron que la producción de leche fue significativamente mayor en vacas del T1 seguido, por T2 y T3 (29,1 vs. 28,2 y 27,6). En cuanto a la composición, no se encontraron diferencias en grasa y proteína entre ninguno de los tratamientos. En cuanto al peso vivo, el mismo no varió entre los tratamientos sin embargo, el estado corporal fue mayor en vacas con RTM solamente (0,14 puntos más). Esto sugiere que vacas que pasaron la mitad del día pastoreando tuvieron una menor proporción acumulación de reservas, debido a la actividad implicada en dicho proceso y al menor consumo (Soriano et al., citados por NRC, 1989). Las vacas que fueron alimentadas solamente con RTM tuvieron mayores consumos de materia seca seguido por las que pastoreaban luego del turno de ordeño de la tarde, y por último las que lo hacían en pastoreo luego del turno de la mañana (26,6 vs. 20,3 vs. 17,5 kg/d de MS).

Kolver y Muller (1998) presentaron resultados de su experimento comparando una dieta 100% DTM vs. 100% pastoreo. Los resultados en producción, composición (proteína y grasa), consumo de MS, peso vivo y condición corporal, fueron siempre superiores en el tratamiento de 100% DTM. Una de las posibles explicaciones a dichos resultados pudo haber sido el efecto de la pastura la cual proporcionó 19% menos de MS y menor ENl (energía neta de lactación), indicando que el suministro de energía neta metabolizable fue la primera limitante para la producción de leche, causando removilización de reservas.

Bargo et al. (2002) comparan en un experimento tres sistemas de alimentación que combinan pasturas y DTM y se midieron sobre el rendimiento animal. Los tratamientos fueron: pasto más concentrado (PC), pasto más DTM (DPM) y 100% DTM. En cuanto a la producción de leche, fue superior en el tratamiento DTM (38,1kg/d) y más

baja en PC (28,5kg/d) e intermedia en DPM (32,0kg/d). Las vacas en DPM y DTM tenían mayores porcentajes de grasa y proteína que las vacas de PC. Bargo et al. (2002) justifican que las diferencias en producción entre los tratamientos están relacionadas con las diferencias en los requerimientos de mantenimiento de energía relacionados con la actividad de caminar y cosecha de forraje, además de las diferencias en el consumo de energía. Utilizando las fórmulas del NRC (2001) para cuantificar la energía destinada a la actividad (basada en 0,67 Mcal/kg de leche), la actividad en dicho experimento cobró 3.7 kg de leche/día, lo que sería el 61% de la diferencia en producción de leche entre DPM y DTM. Cabe destacar que la producción en DPM fue 6,1 kg/día menos que el tratamiento solamente con DTM (Bargo et al., 2002).

Productores e investigadores resumen las ventajas del sistema y destacan el hecho de que sistemas con DTM permiten una producción de leche constante en épocas del año en el cual la oferta de pasto es limitada en lo que respecta a cantidad y calidad (García y Fulkerson 2005, Neal et al., citados por Barber et al. 2020). A su vez, el productor puede asegurarse de que su rodeo consuma una dieta balanceada (Lammers et al., 2016). Mills et al. (1999) agregan que los suplementos en base a cereales con altos en contenido de almidón generan un aumento en la fermentación a nivel ruminal, incrementando el propionato producido por kilogramo de materia seca, lo cual resulta en mayores rendimientos de leche y concentración de proteína. Sin embargo, debido al aumento de almidón las concentraciones de proteína cruda total en la dieta disminuyen por lo tanto existe la necesidad del agregado (García et al., 2008).

Como se mencionó anteriormente, al reducirse el tiempo de pastoreo o número de sesiones de pastoreo, disminuye la energía de mantenimiento debido a la reducción en la actividad de la caminata (Bargo et al., 2002).

Por el otro lado, sistemas DTM requieren de una determinada infraestructura, la cual debe ser precisa para funcionar correctamente. De lo contrario, las malas prácticas pueden causar daños limitando la performance animal (Lammers et al., 2016). Debido a los nuevos componentes agregados de la dieta el costo por litro producido aumenta, pero sin embargo, las brechas de producción se reducen (García y Fulkerson 2005, Neal et al., citados por Barber et al. 2020).

Fajardo et al. (2015) concluyeron que vacas en lactancia temprana alimentadas con DTM tuvieron mayor producción (10%) y un 6% más de energía excretada en leche que vacas en pastoreo más suplemento, además vacas alimentadas con 9 horas de pastoreo más suplemento en dos turnos tuvieron un mayor CMS de forraje que vacas pastoreando en un único turno de 6 horas, pero no tuvieron diferencias en la performance productiva, debido probablemente a los mayores requerimientos energéticos asociados a la actividad de pastoreo.

A nivel nacional, aún no son suficientes los estudios sobre el uso de DTM, por lo que es necesario una mayor profundización para entender correctamente las necesidades de cada sistema (Fajardo, 2013).

Concluyendo, los antecedentes indican que las vacas alimentadas con DTM durante el inicio de la lactancia pueden lograr un mayor consumo potencial y producción de leche, mientras que los animales cuya alimentación implica la cosecha de forraje, se ve limitado el consumo, lo que repercute en la eficiencia productiva.

2.8 INFLUENCIA DEL AMBIENTE SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN

2.8.1 Estrés calórico

En los sistemas pastoriles de producción lechera a pasto, los animales se encuentran expuestos a enfrentar periodos limitantes como es el verano en Uruguay. Como consecuencia, se ven afectadas las características tanto fisiológicas como productivas del rebaño debido al estrés calórico (Cruz y Saravia, 2008).

El estrés calórico puede ser un problema en ambos sistemas: estabulados y pastoriles, donde ocurren consecuencias negativas tanto para la producción, fertilidad y bienestar. En estudios realizados en América del Norte, el tiempo que las vacas pasaban en la pastura disminuyó a medida que el ITH (índice de temperatura y humedad) aumentó, prefiriendo la sombra y la ventilación ofrecida en la estabulación. En esas circunstancias donde el estrés por calor puede ser un problema, una variedad de estrategias para mitigar este factor pueden ser usadas para asegurar confort térmico (Van Laer et al., citados por Arnott et al., 2016).

Valtorta (2003) señala que si la temperatura durante la noche no disminuye a niveles que permitan la pérdida de calor del animal y, por lo tanto, la recuperación de un balance térmico adecuado, se producirán situaciones de estrés inmanejables que determinarán variaciones en la respuesta productiva, tanto en lo que hace al rinde como a la calidad de la leche obtenida. Este tipo de situación es común en el caso que se desarrollen olas de calor, durante las cuales las condiciones son tales que se ven disminuidas las posibilidades de que los animales eliminen los excesos de calor por contar con muy pocas horas con ambiente confortable a lo largo de día.

Durante los meses cálidos, la combinación de determinados valores de temperatura y humedad del aire reducen la producción lechera (Johnson et al., 1961). Se debe a que estas razas han sido desarrolladas en condiciones templadas entonces, es de esperar que con los aumentos de temperatura superiores al óptimo (18°C) y alta humedad relativa se sienta repercutida la producción (La Manna et al., 2014). A su vez, el ganado lechero es particularmente sensible al calor debido a su elevado metabolismo durante la lactancia (Swan y Broster, citados por Cruz y Saravia, 2020).

El (ITH) desarrollado por Thom, citado por Cruz y Saravia (2008) permite determinar los valores meteorológicos que afectan la homeostasis de las vacas lecheras. Tradicionalmente, un ITH con un valor $\leq$ a 72 era zona fuera de riesgo, sin embargo, La Manna et al. (2014) han demostrado que existen descensos productivos a partir de ITH inferiores a 72. Por lo que INIA actualmente estableció como umbral de alerta a valores $\geq$ a 68. Valtorta y Gallardo, citados por Cony et al. (2004) destacan la importancia de la duración y frecuencia de los valores críticos de ITH, aumentando el perjuicio ocasionado.

El animal frente a situaciones de estrés térmico tiende principalmente a reducir el consumo voluntario de materia seca causando un aumento significativo de los requerimientos energéticos de mantenimiento (Cony et al., 2004). Consecuentemente, se ve afectado el tiempo de rumia, el flujo sanguíneo y aumenta la frecuencia respiratoria (La Manna et al., 2014). Dichas causas originan las mermas en la producción durante los periodos de ITH $\geq$ 68.

La modificación física del ambiente surge como la estrategia a tomar dadas las condiciones críticas del verano en Uruguay.

2.8.2 Efecto de la sombra, ventilación forzada y aspersión

La sombra es uno de los métodos más sencillos para reducir el impacto de la radiación solar, pudiendo ser naturales (árboles) o artificiales.

El uso de sombras es el primer paso a tomar como mejoramiento del confort animal, ya que previene la incidencia de la radiación solar directa e indirecta sobre los animales generando aumentos en la producción de leche (Roman-Ponce et al., citados por La Manna et al., 2014). A pesar de que la sombra disminuye la acumulación de calor producido por la radiación solar, no hay efecto en la temperatura y humedad relativa del aire por lo que para proseguir con el mejoramiento del confort animal puede implementarse la aspersión y ventilación al sistema (West et al., citados por Enders y Barberg, 2007).

Las características más importantes de las sombras artificiales son el diseño utilizado, la altura, la orientación y disponibilidad de espacio por animal.

En un ensayo realizado en la EEA Rafaela, se analizaron los efectos del acceso a sombra y la suplementación durante los ordeños y se encontró que los animales protegidos presentaban temperatura rectal y ritmo respiratorio más bajos durante la tarde que los animales que no tenían protección. Los animales con acceso a sombra eran enviados a un potrero donde había una estructura artificial de red 80% desde las 9:00 hasta las 17:00 horas. No sólo se observó un efecto positivo sobre el confort, sino que, además, las vacas manejadas con sombra produjeron mayor cantidad de leche con mayor contenido de proteína, que las que se encontraban bajo el sol.

El movimiento del aire (ventilación forzada) es un factor importante en la disminución del estrés térmico, ya que afecta las pérdidas de calor por convección y, según el contenido de humedad del aire, las pérdidas de calor por evaporación. Si se diseña de manera apropiada, la ventilación forzada podría ser un método efectivo para aumentar las pérdidas de calor.

La combinación de la aspersión de agua con la ventilación, favorece la pérdida de calor por evaporación. Deben producirse por medio de microaspersores, gotas que simulen la lluvia que pueda penetrar la cubierta y llegar a la superficie de la piel. Este método favorece la pérdida de calor por evaporación, que es la vía más eficiente cuando la temperatura es alta.

La eficiencia de esta vía de pérdida de calor depende de la diferencia de contenido de agua entre la superficie evaporante y el aire, esto hace necesaria la remoción constante de aire por medio de ventiladores, lo que permite una evaporación continua, para evitar que llegue a saturarse de humedad y frene así el proceso.

2.8.3 Efecto del estrés calórico sobre la composición de la leche

El estrés térmico no solo afecta a la producción de leche, sino también al contenido de la misma, lactosa, grasa, y proteína.

Un estudio realizado por Valtorta (2002) en la EEA Rafaela, trató sobre la refrigeración previo a los ordeños, por medio de aspersores y ventiladores, con una duración total de 53 días. Trabajaron con dos grupos de vacas en lactancia, sobre una pastura de alfalfa y que recibían concentrado comercial durante los ordeños.

Todos los animales se manejaron en un sistema de encierre estratégico, en el cuál estaban encerrados en un potrero con una estructura de sombra y con agua a voluntad, entre las 10:00 y las 17:00. La única diferencia entre los tratamientos fue que el grupo “refrigerado” recibía un ciclo de enfriamiento evaporativo por medio de aspersores y ventiladores, antes de cada ordeño, con una duración de 20 min por la mañana y 30 min por la tarde. El otro grupo se utilizó como “control”. Los resultados mostraron un aumento en la producción de leche, de las concentraciones de grasa y proteína a causa de la refrigeración, fueron de 115g/v/d y 71g/v/d respectivamente.

Azanza y Machado (1997) encontraron para la producción de grasa en kg/a/d que los animales con acceso a sombra natural lograron mejor performance debido a mayor producción de leche (17,3 lt/d a la sombra vs. 16,6 lt/d al sol) con contenidos de grasa en porcentaje similares ($P>0,05$).

Pádula y Rovira (1999) estudiaron el efecto del estrés térmico en vacas lecheras. Evaluaron el efecto de acceso a sombra artificial encontrando resultados favorables en producción de leche de 9,9 % mayor respecto al control, sin un aumento en el porcentaje

de grasa y proteína pero sí en los kilos totales de la misma debida principalmente al aumento en la producción.

2.9 CAMA CALIENTE O COMPOST

El establo con sistema de cama caliente o “compost” surge como una nueva alternativa de alojamiento para el ganado lechero, con el fin de mejorar su confort, salud y longevidad (Enders y Barberg, 2007). Pedernera et al. (s.f.) agregan que el confort de las vacas se traduce en un aumento de producción, disminución en el recuento de células somáticas, problemas podales (Enders y Barberg, 2007) y por lo tanto mejora la rentabilidad económica. Por lo que Enders y Barberg (2007) concluyen que la mayoría de los productores actualmente enfocan el incremento de producción individual en el mejoramiento del confort animal. Recientemente, se comprobó que por cada hora más que las vacas se dediquen al descanso la producción aumenta en 1,5 litros por día. Black et al. (2013) explican que este sistema logra disminuir la energía de mantenimiento. Agrega que dicha causa, permite un aumento de la carga animal por unidad de superficie.

La cama caliente debido a la habilidad del compostaje reduce la suciedad del animal, disminuyendo la exposición a patógenos que predisponen a la mastitis. Para ello deben darse determinadas condiciones de temperatura, humedad y relación carbono/nitrógeno.

Debido a la mezcla diaria de los primeros centímetros de la cama y el agregado periódico del nuevo material se logra airear la cama garantizando la pérdida de humedad y manteniendo una temperatura adecuada (Bewley, citado por Pedernera et al., s.f.). Valores indicadores de un buen funcionamiento en referencia a la temperatura rondan entre los 42,5°C (Enders y Barberg, 2007). En cuanto a la humedad los valores óptimos van de 50% a 60%. La misma se ve afectada según la frecuencia de aplicación de material fresco, clima y densidad de vacas.

Con el fin de contrastar los sistemas de manejo de un rodeo lechero, Enders y Barberg (2007) evalúan los resultados de un experimento en el cual se compara el comportamiento animal durante el verano de un lote de vacas bajo un sistema de pastoreo y otro en un sistema de cama caliente. Llegan a la conclusión de que durante el verano, cuando se dan periodos largos de ITH mayores a los deseables, las vacas en pastoreo disminuyen el consumo de materia seca reduciendo la producción de leche y la eficiencia de la misma, afectando negativamente en la rentabilidad económica (West et al., citados por Enders y Barberg, 2007).

En conclusión, productores han adoptado este sistema de alojamiento como una alternativa de aumentar la comodidad y longevidad de las vacas lecheras (Enders y Barberg, 2007).

2.10 COMPOSICIÓN DE LA LECHE

Anteriormente la producción láctea se valorizaba según el volumen producido, hoy en día lo que importa es el contenido de sólidos lo que se traduce en calidad. Todo esto es explicado por un nuevo esquema donde la materia prima se encuentra fuertemente vinculada a su aptitud industrial, adoptándose un sistema de pago donde el productor recibe un sobreprecio según su calidad higiénico sanitaria.

Es así, que cada vez se torna de mayor importancia la composición y el manejo de la alimentación con el fin de promover el incremento en sólidos en la leche. Los tres grandes componentes de la composición son grasa, proteína y lactosa, y los valores normales en vacas Holando son $3,79 \pm 0,91\%$, $3,5 \pm 0,39^1$ y $4,7-4,0\%^1$ respectivamente.

Hay diversos factores que alteran el contenido de sólidos, como lo es la etapa de lactancia, la edad del animal, el estado sanitario y ambiente (donde la alimentación cobra mayor importancia) son los principales.

Por otro lado, existen estrategias para maximizar el contenido de sólidos en leche, donde se destacan el apropiado balance de nutrientes, maximización del consumo de alimentos, monitoreo periódico de la dieta, periódicas correcciones por cambios cuantitativos y/o cualitativos en los recursos utilizados.

2.10.1 Factores que hacen variar la composición

Según Sutton (1989), mediante cambios en la nutrición del animal, rápidamente se obtienen cambios en la composición de la leche, pero la relación entre los componentes del alimento y la composición de la leche es compleja. Los grandes cambios se dan principalmente en el contenido de grasa en leche. Estos cambios se deben a variaciones la dieta como la cantidad de fibra, la relación fibra/concentrado, la composición de los carbohidratos de los concentrados, los lípidos, el consumo y la frecuencia de alimentación. En cambio para la proteína y lactosa en leche, los cambios son pequeños comparado con la grasa. Los mayores efectos registrados son para el consumo y los suplementos lipídicos, y la proteína en la dieta tiene pequeños efectos en la concentración de grasa o proteína.

Disminuyendo la relación forraje/concentrado en las dietas, generalmente la respuesta se ve en una disminución de la grasa en la leche, pero el patrón de respuesta varía ampliamente. La concentración de grasa es estable hasta que la proporción del forraje en la dieta cae a un 50% (Sutton, 1989).

¹ Sotelo, F. 2020. Com.personal

Como sostiene Sutton (1989), las bajas concentraciones de grasa en leche debido a dietas con bajo contenido de fibra, generalmente viene acompañado con una reducción en la producción de grasa en leche y un aumento en retención de energía o ganancia de peso, lo que resalta la importancia de considerar los efectos de este tipo de cambios en dietas en el balance energético del animal en su total, en vez de la producción de leche individual.

Bargo et al. (2002) llevaron a cabo un experimento en el cual evaluaron tres tratamientos, el primero vacas sometidas al consumo de pastura más un concentrado proteico. El segundo corresponde a vacas en pastoreo junto con suplemento parcial de DTM (pDTM). El tercer tratamiento, las vacas consumían únicamente DTM. El experimento se llevó a cabo por 21 semanas post parto.

Los resultados demostraron que los porcentajes de grasa y proteína fueron significativamente mayor en el tratamiento tres (100% DTM), éste obtuvo un 18% más de grasa y 21% más de proteína que el tratamiento dos. A su vez superó al tratamiento uno por un 38% y 41% más de grasa y proteína respectivamente. En cuanto a la cantidad de leche, la misma también aumentó en el tratamiento tres.

White, citado por Bargo et al. (2002) comenta que la menor concentración de proteína en el tratamiento uno se debe a la falta de energía debido al suplemento. La energía se torna limitante generando valores inferiores de proteína en leche. Los bajos valores de grasa en el tratamiento uno, se pudieron ver afectados por la alta calidad de la fibra de la pastura cual fue ofrecida por separada del suplemento.

En un experimento realizado por Fajardo et al. (2013) se estudió la variación en producción, composición y consumo de materia seca sobre vacas Holando en el primer tercio de lactación, compuesto por 3 tratamientos: el primero “ENCIERRO” donde los animales permanecían encerrados donde se ofrecía una DTM *ad libitum*, tratamiento dos “P6” tenían 6 horas en el día de acceso a la pastura luego del ordeño matutino y suplementación vespertina. Y por último el tratamiento tres “P9” donde los animales tenían 9 horas de acceso a la pastura y suplementación. En cuanto a la composición del alimento, la relación forraje-concentrado de la dieta en vacas en ENCIERRO fue de 45-55% con una oferta de 30 kg MS/v/d, con dos fuentes de energía (maíz y cebada) y dos fuentes de proteína (harina de soja y expeller de girasol). Los componentes eran premezclados con la fuente de fibra (ensilaje de maíz o sorgo) y ofrecidos como DTM.

En los resultados obtenidos se observó que los animales en ENCIERRO produjeron un 7,7% (35,3 l/VO/d) más de leche que los animales en P9 (32,9 lt/VO/d). Entre P6 y P9 no se encontraron diferencias significativas. Con respecto a la composición de la leche, no hubo diferencias de grasa entre los tratamientos (3,7, 4,0, y 3,9% para ENCIERRO P6 y P9 respectivamente). En cuanto a los valores de proteína sólo hubo

diferencias entre ENCIERRO (3,3%) y los tratamientos P6 y P9 (3,4 y 3,3% respectivamente).

2.10.2 Grasa

Los lípidos son parte importante de la ración de una vaca lechera ya que contribuyen directamente a casi 50% de la grasa en la leche y son la fuente más concentrada de energía en los alimentos (Wattiaux y Grummer, 2015b).

Elgersma et al., citados por Conte et al. (2017) enumeran las cuatro vías de la formación de los ácidos grasos de la leche:

1. Ácidos grasos de la dieta.
2. Ácidos grasos originados en el rumen por parte de los microorganismos.
3. Ácidos grasos de “síntesis de *novo*” en el citoplasma de la células secretoras de la glándula mamaria.
4. Ácidos grasos de la movilización de reservas corporales (tejido adiposo).

Bajo condiciones normales, la mitad de los ácidos grasos en leche provienen de la síntesis *de novo* en la glándula mamaria. Sin embargo, esta proporción puede variar de acuerdo al estado fisiológico del animal. En lactancia temprana, la cantidad de ácidos grasos en leche a partir de la removilización de tejido adiposo incrementa desde un 5% en un animal bien alimentado, hasta un 20% en vacas que se encuentran en balance energético negativo (Bauman et al., Elgersma et al., citados por Conte et al., 2017).

La composición de la grasa está influenciada por varios factores, relacionados al animal en sí o al ambiente en el que se encuentra (Conte et al., 2017).

La calidad y la composición de la grasa de la leche son influenciados por varios factores dietarios, incluido la calidad y la composición de la pastura, la cantidad y calidad de fibra, la proporción de forraje: concentrado, el lugar y la velocidad de degradación de la fibra, la composición de los ácidos grasos en los lípidos de la dieta, y la digestibilidad de los suplementos lipídicos en el rumen (Grummer, Bauchart, Jenkins, Palmquist et al., Elgersma, citados por Conte et al., 2017).

2.10.3 Lactosa

Durante la lactancia, la glándula mamaria tiene una alta demanda de glucosa, debido a que se necesita para la formación de la lactosa. La cantidad de lactosa sintetizada en la ubre se encuentra estrechamente ligada con la cantidad de leche producida.

La concentración de lactosa en la leche es relativamente constante y se agrega agua a la cantidad de lactosa producida por las células secretorias hasta lograr una concentración de lactosa de aproximadamente 4.5%. Es así, que la cantidad de lactosa

synthesized in the udder is closely linked with the quantity of milk produced each day (Wattiaux y Armentano, 2015a), a greater production of lactose, greater production of milk.

Los carbohidratos no-fibrosos (concentrados) promueven la producción de ácido propiónico mientras los carbohidratos fibrosos (forrajes) estimulan la producción de ácido acético en el rumen. Los carbohidratos no-fibrosos producen mayor cantidad de AGV, que se traduce en mayor energía (Wattiaux y Armentano, 2015a).

Así, la alimentación con concentrados usualmente resulta en un aumento de producción de AGV y una proporción mayor de propionato en lugar de acetato. Todo el propionato se convierte a glucosa en el hígado, se produce más lactosa y por ende una mayor producción de leche (Wattiaux y Armentano, 2015a).

2.10.4 Proteína

Durante la lactancia, la glándula mamaria tiene una alta prioridad para utilizar aminoácidos. La mayoría de los aminoácidos absorbidos por la glándula mamaria es utilizada para sintetizar proteínas de leche. Estos aminoácidos provienen mayormente de la proteína microbiana.

Todos los aminoácidos, incluyendo los esenciales, están presentes en la proteína bacteriana en una proporción que aproxima a las proporciones de aminoácidos requeridos por la glándula mamaria para la síntesis de leche (Wattiaux y Armentano, 2015a). La conversión de proteína de los alimentos a proteína bacteriana es un proceso beneficioso, convierten energía y compuestos nitrogenados en una proteína completa, de alto valor.

El nivel de utilización de amoníaco producido en el rumen para sintetizar proteína microbiana depende principalmente de la disponibilidad de energía generada por la fermentación de carbohidratos (Wattiaux y Armentano, 2015a).

Una porción de la proteína bacteriana es destruida dentro el rumen, pero la mayoría entra el abomaso adherida a las partículas de alimentos. Aproximadamente 60% de los aminoácidos absorbidos en el intestino delgado provienen de proteína bacteriana, y el 40% restante es de proteína no degradada en el rumen.

2.11 HIPÓTESIS

- a) El consumo de materia seca y energía es mayor en las vacas del tratamiento AC-DTM y menor en los tratamientos que incluían pastoreo.
- b) La producción de leche es mayor en el tratamiento AC-DTM y menor en los tratamientos que incluían pastoreo.
- c) La producción de sólidos en kg/d es mayor en el tratamiento AC-DTM.

- d) Hay diferencias de producción, composición y consumo en algunas SL entre los tratamientos AC-DPM y BC-DPM dadas las diferencias en el control del ambiente productivo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El trabajo de campo se llevó a cabo en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC), perteneciente a la Facultad de Agronomía (km. 363 ruta 3, Paysandú, Uruguay) Universidad de la República. El periodo estudiado abarcó desde el 4 de febrero hasta el 31 de mayo de 2019.

La semana de lactación (SL) 1 comenzó el 14 de marzo de 2019, la cual se definió cuando más de 8 vacas ingresaron al tambo por cada tratamiento. El periodo de estudio abarcó hasta la semana de lactación 12, lo que comprendió las pariciones otoñales y el primer tercio de la lactancia.

3.2 ANIMALES

Se utilizaron 36 vacas multíparas de raza Holando pertenecientes al rodeo de la EEMAC, con un número de lactancias promedio de $2,5 \pm 0,97$, peso vivo pre parto de 673 ± 77 kg, un estado corporal de $3 \pm 0,5$ considerando la escala del 1 al 5. Los partos se extendieron desde el 7 de marzo hasta el 7 de mayo.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño en bloques completamente al azar (DBCA), el cual consistió en 3 tratamientos. Inicialmente se bloquearon las vacas candidatas según número de lactancia (NL), fecha probable de parto (FPP), condición corporal pre parto (CC), peso vivo y producción anterior. Luego se sortearon aleatoriamente en cada tratamiento, quedando así 3 tratamientos.

Todos los tratamientos estaban constituidos por 3 corrales (bloques), con 4 animales en cada uno.

3.4 TRATAMIENTOS

El diseño experimental estaba conformado por 3 tratamientos, los cuales integraron 2 niveles de control de ambiente productivo diferentes y 2 sistemas de alimentación, sistema de encierre en establo con alto control del ambiente (AC), donde se encontraban 2 tratamientos, uno con suministro del 100% de la dieta como dieta total mezclada (DTM) y el otro con combinación de pastoreo intensivo con dieta parcial mezclada (DPM). Por último, un sistema de encierre “a cielo abierto” con bajo control del ambiente (BC) y con dieta parcial mezclada (DPM).

3.4.1 Tratamiento AC-DTM

Sistema de encierre en establo con alto control del ambiente (AC) y dieta total mezclada (AC-DTM; n =12) con encierro permanente en establo techado, constituido por 3 corrales con 4 animales/corral.

Contó con un sistema de cama caliente, donde los animales se alimentaron luego de cada ordeño, con ración total mezclada (RTM) que cubría el 100% de los requerimientos de mantenimiento y producción. Tenían agua *ad libitum* y sistema de enfriamiento por aspersión y ventilación forzada.

3.4.2 Tratamiento AC-DPM

Sistema de encierre en establo con alto control de ambiente (AC) y combinación de pastoreo intensivo con suministro de RTM, la dieta fue parcial mezclada (DPM) (AC-DPM; n =12).

Consistió en un sistema pastoril intensivo, con un turno de pastoreo luego del ordeño matutino. En el caso de condiciones extremas que se presentaron en algún momento del período (exceso hídrico, bajas en stock de forraje, combinación de los anteriores) los animales se encerraron. Las condiciones en el establo fueron igual que el tratamiento AC-DTM, sistema de cama caliente, ventilación, aspersión y agua *ad libitum*.

Recibieron alimentación suplementaria al pastoreo (RTM) luego del segundo ordeño en la tarde, en el mismo establo donde se encontraron las vacas del tratamiento AC-DTM.

3.4.3 Tratamiento BC-DPM

Sistema de encierre “a cielo abierto”, con bajo control del ambiente (BC) y combinación de pastoreo intensivo con suministro de RTM, la dieta fue igual que el tratamiento AC-DPM, parcial mezclada (BC-DPM; n =12). La alimentación fue igual que el tratamiento AC-DPM, con el mismo turno de pastoreo y pastura.

Se encontraban a cielo abierto, con acceso a sombra y agua *ad libitum*, la sombra contó con un tamaño de 6,5m²/vaca y estaban conformados por 3 corrales de 480m² cada uno, contaron con 4 animales/corral.

En el caso de condiciones extremas (exceso hídrico, bajas en el stock de forraje, combinación de los anteriores) los animales se encerraron, al igual que al tratamiento AC-DPM.

3.5 RUTINA, INSTALACIONES Y MANEJO

Se realizaron 2 ordeñes diarios, a las 5:00 hs. y 15:00 hs. La sala de ordeño era en forma de espina de pescado y conformada por 8 órganos, con alto nivel de automatización.

Los animales estabulados (AC-DTM y AC-DPM), permanecieron encerrados en un establo, completamente recubierto por techo, donde se encontraron en corrales sobre la cama caliente, poseían agua *ad libitum* en bebederos individuales, con un sistema que ofreció agua fresca a medida que el animal bebía.

Cada tratamiento tenía 3 corrales con una capacidad de 4 animales por cada uno, dentro del establo, cada corral contó con un comedero donde tenían acceso al alimento.

Dicho establo contó con sistema de ventilación y aspersores de agua con encendido automático según ITH (índice de temperatura y humedad).

3.6 ALIMENTACIÓN

3.6.1 Pastura

Los animales de los tratamientos con dieta mixta, AC-DPM y BC-DPM, tenían acceso a pastura de festuca (*Festuca arundinacea*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y lotus (*Lotus corniculatus*), pastorearon praderas de segundo y tercer año (PP2° y PP3° respectivamente) y también un verdeo de invierno, avena (*Avena byzantina*) y raigrás (*Lolium multiflorum*), el cual se pastoreó en el último mes del periodo estudiado, el mismo se realizó en franjas semanales.

La cantidad de pastura que se asignó semanalmente fue considerando el crecimiento de la pastura, la condición de entrada (n° hojas) y stock de forraje en el área de pastoreo.

La cantidad de pastura que se asignó no podía comprometer el crecimiento de las pasturas, por tanto, al registrarse bajas en el stock (menor a 1800 kg de MS/ha), se restringió el tamaño de franja y se dio lugar a la suplementación en los lugares de encierre asignados a cada tratamiento (galpón con cama caliente o cielo abierto).

Cuando la asignación de forraje estuvo por debajo de la capacidad de consumo de los animales se ajustó la suplementación para asegurar un largo de rotación de pastoreo que no comprometiera el crecimiento de las pasturas.

En los tratamientos AC-DPM y BC-DPM que incluyeron pastoreo intensivo, el sistema se manejó con una carga de 2,5 vacas en ordeño por hectárea de superficie de plataforma de pastoreo.

Cada unidad de rotación fue de 12,8 hectáreas, las cuales se dividió en 4 franjas de 3,2 hectáreas que se pastoreó por 32 vacas, obteniendo así una carga de 2,5 vacas/hectárea de plataforma de pastoreo.

En los cuadros No. 1 y No. 2 se resume la composición química de la pastura a lo largo del periodo. Se optó por realizar promedio de la composición química de las muestras disponibles y obtener un valor único de cada pastura de cada tratamiento para todo el periodo.

Cuadro No. 1. Composición química de la pastura de AC-DPM

AC-DPM						
Pastura	Semana	MS%	PC%	FDA%	FDN%	EE%
festuca	1 a la 7, 10 y 11	29,9	9,3	33,5	64,1	4,2
avena	8, 9 y 12	16,2	16,3	24,6	48,4	5,7

Cuadro No. 2. Composición química de la pastura de BC-DPM

BC-DPM						
Pastura	Semana	MS%	PC%	FDA%	FDN%	EE%
festuca	1 a la 7, 10 y 11	27,7	9,6	32,5	62,1	4,2
avena	8, 9 y 12	16,2	16,3	24,7	48,4	5,8

3.6.2 Suplementación

La alimentación con la ración totalmente mezclada (RTM) se les suministró luego de ambos ordeñes para el tratamiento AC-DTM y posterior al ordeño de la tarde para AC-DPM y BC-DPM.

Para el tratamiento AC-DTM la alimentación se ajustó mediante balance de energía, de tal manera que cubría el total de los requerimientos de mantenimiento y producción.

Para los tratamientos que incluían pastoreo, AC-DPM y BC-DPM, la suplementación se definió según balance de energía, considerando la disponibilidad de forraje, la asignación y una utilización del 50% del pasto, de esa manera lo que restaba para completar los requerimientos se cubrió con la RTM, obteniendo así una dieta mixta (pastoreo + suplementación).

Los alimentos que constituyeron la ración fueron silo de maíz, silo de raigrás y concentrado, la oferta en kg varió según los requerimientos de los animales de cada

tratamiento. La proporción de los alimentos (%) de la RTM fue igual en todo el periodo y para todos los tratamientos (cuadro No. 3).

Cuadro No. 3. Proporción de los alimentos de la RTM

Proporción de los alimentos RTM	100%
Concentrado	53,0
Silo maíz	25,5
Silo raigrás	21,5
Relación forraje/concentrado	47/53

En los cuadros No. 4, No. 5 y No. 6, se resume la composición química y el aporte energético de dichos alimentos y de la ración totalmente mezclada.

Cuadro No. 4. Composición química de los alimentos componentes de la RTM

Alimento	Composición química					
	MS%	PC%	EE%	FDN%	FDA%	Cenizas%
Silo de maíz	33	5,3	3,8	42	14	3,5
Silo de raigrás	25,2	13	2,3	46	32	15
Concentrado	88	19,9	5,3	23,4	10,9	10,2

Cuadro No. 5. Composición química de la RTM de cada semana de lactación

Composición química RTM				
SL	MS%	PC%	FDA%	FDN%
1 a 3	44,0	15,7	15,0	30,5
4 a 7	43,4	14,3	15,3	32,3
8 a 12	43,9	16,0	13,6	32,2

Cuadro No. 6. Composición de los alimentos del concentrado

Concentrado	
(%) Proporción de los alimentos	100
DDGS maíz	12,5
Salvado trigo	12,5
Grano maíz	37,5
Canola, pellet	18,9
Harina de maíz	6,3
Grasa inerte	2,5
Urea	0,2
Levadura	0,2
Carbonato de calcio	1,8
Sulfato magnesio	1,3
Sal	3,0

3.7 MEDICIONES REALIZADAS

3.7.1 Disponibilidad de pasto (kg MS/ha)

La disponibilidad de forraje se determinó semanalmente, previo al ingreso de los animales a la franja y posteriormente a la salida de este. La disponibilidad de la pastura se determinó cada lunes mediante el método de doble muestreo de Haydock y Shaw (1975).

Este método consistía en recorrer todo el potrero y determinar 5 estratos (escalas), ordenados de menor a mayor disponibilidad, teniendo 3 repeticiones por cada estrato. Mediante apreciación visual, considerando la altura, número de láminas y composición botánica, se determinó cada punto de muestreo de cada estrato dentro del potrero.

Sobre los puntos marcados, con sus respectivas repeticiones, se colocó un rectángulo de 30x34cm y dentro de este se determinó la altura de cada esquina y en el centro del mismo, tomando como criterio de medición, la altura de la última hoja que hacía contacto con la regla. Además se midió el número de hojas de 5 plantas y por último se cortó el forraje al ras del suelo, en el área correspondiente al rectángulo.

Las muestras recolectadas se pesaron frescas y luego se colocaron en estufas durante 48 horas, a 60°C. Una vez finalizado el tiempo, se pesaron nuevamente para determinar el contenido de materia seca de cada muestra.

Los datos recolectados se pasaron a una planilla en Excel, mediante una ecuación de regresión lineal se determinó el contenido de materia seca por centímetro de forraje, que luego por la altura promedio de la parcela se calculó la cantidad de materia seca total en el área de la misma.

Previo al ingreso de los animales a la franja, los días jueves, se determinó el valor promedio de disponibilidad de forraje de la misma. Se realizó una transecta en cada potrero y se recorrió el área en forma diagonal, cada 8 metros se hizo una pausa en el trayecto para poder visualizar delante de los pies, un cuadrante imaginario y así se definió la escala y midió el número de láminas.

Una vez obtenido los valores en cada transecta, de cada potrero a ingresar, se ponderó la disponibilidad total del potrero según la frecuencia de puntos de la escala de la transecta caminada y de ese modo se obtuvo el valor de disponibilidad en ese momento.

3.7.2 Producción individual de leche

La producción de leche se registró diariamente, en cada ordeño, mediante lectura de chip electrónico a medida que cada animal ingresó a la sala de ordeño.

3.7.3 Composición de la leche

Se determinó la composición de la leche mediante controles lecheros semanales (lunes), enviados al laboratorio Colaveco. Se evaluó porcentaje de proteína, grasa y lactosa.

3.7.4 Peso vivo (PV)

Se registró el peso vivo de forma quincenal, mediante balanza electrónica.

3.7.5 Condición corporal (CC)

Se registró el estado corporal de forma quincenal, mediante apreciación visual utilizando la escala de 1 a 5, manteniendo el mismo observador.

3.7.6 Composición química de la pastura y ración totalmente mezclada

La composición química de los alimentos, PC (%), FDA (%), FDN (%), EE (%), y MS (%) se determinó en el laboratorio Agroindustrial LAAI.

3.7.7 Oferta y consumo de ración totalmente mezclada

La ración totalmente mezclada que se ofreció a cada grupo de 4 animales en cada corral se registró diariamente mediante la visualización de la balanza del mixer. Semanalmente se determinó el consumo individual del alimento suministrado en el comedero, como la diferencia del alimento ofrecido y rechazado en 24 horas. El porcentaje de desperdicio (rechazo + desperdicio) para BC-DPM se fijó un 5% de desperdicio y para los tratamientos con alto control (AC-DTM y AC-DPM) se realizó un promedio del desperdicio a modo de resumen, de cada semana de todo el periodo, el cual fue de 1,95%.

3.7.8 Balance energético

3.7.8.1 Consumo de pastura

Para los tratamientos que incluyeron pastoreo en su dieta (BC-DPM y AC-DPM), el consumo de pastura se estimó semanalmente en función del balance energético y utilizando las ecuaciones del NRC.

Para ello se estimó los requerimientos de mantenimiento, incluyendo caminata, actividad de pastoreo y considerando el recorrido hacia las parcelas, los requerimientos de energía neta de lactación (Mcal/kg de leche) y de consumo de materia seca (kg MS/VO/d).

Para el tratamiento AC-DTM, dentro de los requerimientos de mantenimiento, no se consideró el de actividad y caminata, debido a que no pastorearon y estaban en confinamiento, el resto de los requerimientos se calculó del mismo modo.

Los requerimientos de mantenimiento, actividad (caminata + pastoreo), lactación y consumo de materia seca se estimaron de acuerdo al NRC (2001):

- a. 1. $EN_m \text{ (Mcal/d)} = (0,080 * PV^{0,75}) + \text{energía de actividad (pastoreo+caminata)}$
- a. 2 $EN_{L_{\text{actividad}}} = (((\text{distancia} * \text{viajes}) * (0.00045 * PV)) + (0.0012 * PV))$
- a. 3 $EN_L \text{ (Mcal/kg leche)} = 0.0929 \times \% \text{ grasa} + 0.0547 \times \% \text{ proteína} + 0.0395 \times \% \text{ lactosa}$
- a. 4 $CMS \text{ (kg MS/d)} = (0.372 * LCG + 0.0968 * PV^{0.75}) * (1 - e^{(-0.192 * (SEL + 3.67))})$

Los requerimientos de consumo de materia seca se utilizaron para poder visualizar cuál fue el consumo potencial en cada semana de lactación y poder compararlo con el estimado.

Una vez obtenidos los requerimientos mencionados para cada tratamiento, se calculó la oferta energética y kg de materia seca de la ración totalmente mezclada. Para ello se tuvo en cuenta la oferta, el porcentaje y kg de cada componente, el consumo y desperdicio de la misma, explicado anteriormente.

Incluyendo el resultado del análisis de composición química de los alimentos componentes de la RTM, se calculó la oferta energética/kg de MS de cada uno y por ende de la ración consumida por cada tratamiento.

Para la pastura, también se tomó en cuenta el análisis de composición química, obteniendo de ese modo la oferta energética en Mcal/kg MS.

El aporte de energía de los alimentos se estimó de acuerdo al NRC (2001) usando las siguientes ecuaciones:

3.7.8.2 Estimación de energía de la pastura

- b. 1 $ED \text{ (Mcal/kg)} = -0.027 + (0.042 * DMO\%)$
- b. 2 $DMO\% = 88.9 - (0.779 * FDA)$
- b. 3 $EM = (1.01 * ED) - 0.45$
- b. 4 $EN_L = (0.703 * EM) - 0.19$

3.7.8.3 Estimación de energía de los componentes y de la RTM

$$\text{b. 5. ED (Mcal/kg)} = (\text{dvCNF}/100) * 4.2 + (\text{dvFDN}/100) * 4.2 + (\text{dvPC}/100) * 5.6 + (\text{dvEE}/100) * 9.4 - 0.3$$

$$\text{b. 6. EM} = (1.01 * \text{ED}) - 0.45$$

$$\text{b. 7. EN}_L = (0.703 * \text{EM}) - 0.19$$

3.7.8.4 Digestibilidades verdaderas para cálculo de ED de los alimentos de la RTM

$$\text{b. 8. CNF} = 100 - (\text{FDN} + \text{PB} + \text{EE} + \text{cenizas})$$

$$\text{b. 9. (dvPCf)} = \text{PC\%} * \exp(-1.2 * (\text{PCIDA\%}/\text{PC\%}))$$

$$\text{b. 10. (dvPCc)} = (1 - (0.4 * (\text{PCIDA\%}/\text{PC\%}))) * \text{PC\%}$$

$$\text{b. 11. (dvCNF)} = 0.98 * (100 - ((\text{FDN\%} - \text{PCIDN\%}) + \text{PC\%} + \text{EE\%} + \text{cenizas\%}))$$

$$\text{b. 12. (dvFDN)} = 0.75 * (\text{FDN\%} - \text{PCIDN\%} - \text{LDA\%}) * (1 - (\text{LDA\%}/(\text{FDN\%} - \text{PCIDN\%}))^{0.667})$$

$$\text{b. 13. (dvEE)} = \text{EE\%} - 1$$

Luego de que se obtuvo la oferta y demanda, tanto energética como kg de materia seca, se consideró al momento de calcular el consumo de forraje y el balance energético, el aporte energético por las reservas del animal.

Para la semana en la cual se definió el momento en que la vaca dejó de movilizar reservas, se tomó en cuenta la evolución del peso vivo, la condición corporal y la semana en la que se detuvo la disminución de ambas variables, pero principalmente de la condición corporal, debido a que tiene menor posibilidad de error.

Para el tratamiento AC-DPM y BC-DPM se definió hasta la semana 9, mientras que para el tratamiento AC-DTM fue hasta la semana 10. Para el cálculo de dicho aporte se utilizaron las siguientes ecuaciones (NRC, 2001).

3.7.8.5 Condición corporal

$$\text{c. 1. GCC (9)} = ((\text{GCC} - 1) * 2) + 1$$

3.7.8.6 Proporciones de proteína y grasa corporal

$$\text{c. 2. Proporción de grasa corporal} = 0.037683 * \text{GCC (9)}$$

$$c. 3 \text{ Proporción de proteína corporal} = 0.200886 - 0.0066762 * \text{GCC} \text{ (9)}$$

3.7.8.7 Reservas totales de energía

$$c. 4. \text{ER} = \text{proporción grasa} \times 9.4 + \text{proporción proteína} \times 5.55$$

3.7.8.8 Pérdida de peso por energía

$$c. 5. \text{ENL (mcal/kg)} = \text{reservas energéticas} \times 0.82$$

Una vez obtenido el aporte de energía por parte de las reservas (Mcal/d) para cada semana, se restó dicho valor a los requerimientos de energía, se realizó lo mismo con el aporte energético de la ración, quedando así la energía que debió aportar la pastura. Con este valor, se consideró el aporte energético en Mcal/kg MS de la misma y se estimó los kilogramos consumidos de la pastura. Quedando así, el balance energético cero, ya que se igualó la demanda con la oferta energética para poder calcular dicho consumo.

3.7.8.9 Consumo de materia seca

Se estimó el consumo de materia seca total semanalmente y del periodo estudiado de todos los tratamientos (figura No. 2).

Para el tratamiento AC-DTM, el consumo de materia seca total se consideró el consumo de ración totalmente mezclada.

Para los tratamientos AC-DPM y BC-DPM, se consideró el consumo de pastura estimado por balance energético y el suplemento.

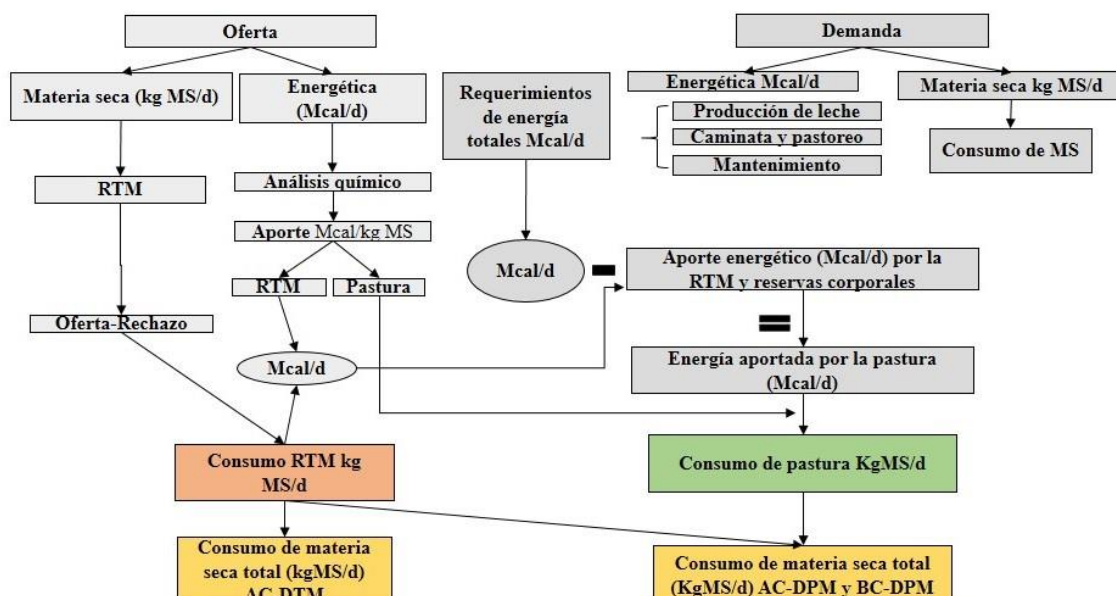


Figura No. 2. Esquema del procedimiento del cálculo de consumo total de materia seca

3.7.9 ITH (Índice de temperatura y humedad)

Con los datos de temperatura, recopilados por la Estación Meteorológica de la EEMAC y la humedad relativa otorgados por INIA. GRAS Estación Salto, durante el periodo experimental, se obtuvo el Índice de Temperatura y Humedad (ITH).

Se aplicó la fórmula de Valtorta y Gallardo (1996):

$$d. 1. ITH = (1,8 \times Ta + 32) - (0,55 - 0,55 \times HR/100) \times (1,8 \times Ta - 26)$$

Cuadro No. 7. Glosario de las abreviaciones utilizadas

CC	Condición corporal
CMS	Consumo de materia seca
CNF	Carbohidratos no fibrosos
DMO	Digestibilidad de la materia orgánica
dv	Digestibles verdaderos
ED	Energía digestible
EE	Extracto etéreo
EM	Energía metabolizable
EN _L	Energía neta de lactación

ENL	Energía neta de lactación para producción
ENL _{actividad}	Energía neta para actividad
ENL _m	Energía neta para mantenimiento
ER	Energía retenida
FDA	Fibra detergente ácida
FDN	Fibra detergente neutro
GCC	Grado de condición corporal
HR	Humedad relativa
LDA	Lignina detergente ácida
PCIDA	Proteína insoluble en detergente ácido
PCIDN	Proteína insoluble en detergente neutro
PC	Proteína cruda
PC _c	Proteína cruda de concentrados
PC _f	Proteína cruda de forrajes
PV	Peso vivo
SEL	Semana de lactación
Ta	Temperatura media del aire

3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados mediante un diseño en bloques completamente al azar, se utilizó un modelo de medias repetidas en el tiempo con el uso del procedimiento GLIMIX de SAS (versión 2010). Las variables analizadas fueron consumo de materia seca, producción de leche, composición de la leche (% y kg/d) y condición corporal.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + f_k + (fr)_{ik} + \epsilon_{ij}$$

μ = media

τ_i = efecto del tratamiento $i= 1,2,3$

β_j = efecto del bloque

f_j = efecto de la semana de lactancia (SL) $j=1,2,3\dots j$

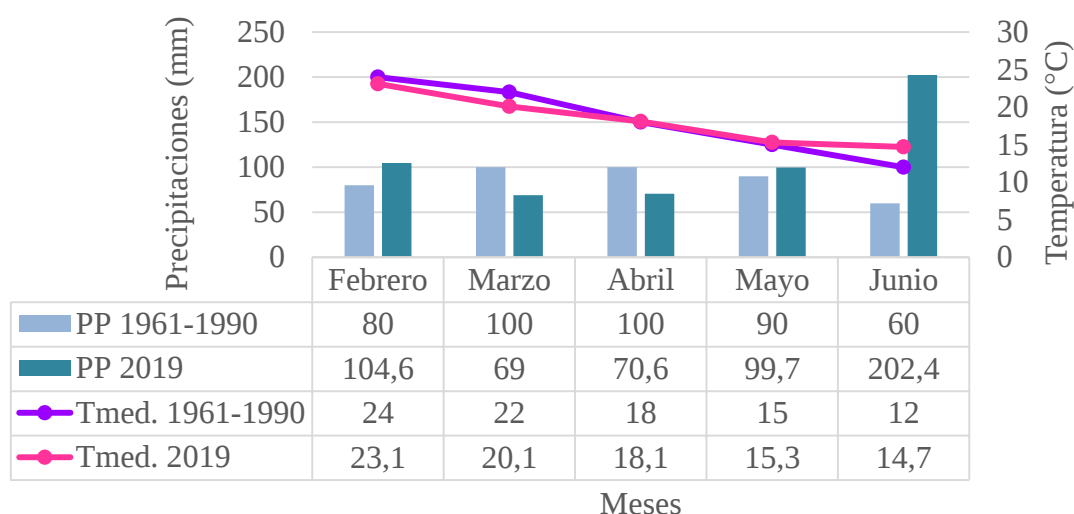
$(fr)_{ij}$ = interacción SL x tratamiento

4. RESULTADOS

4.1 CLIMA

4.1.1 Condiciones climáticas a lo largo del periodo

En la figura No. 3 se ilustra las condiciones climáticas que hubo durante el periodo experimental, comparando con el clima de la zona. Los registros de temperatura y precipitaciones del año actual, fueron otorgados por la Estación Meteorológica de la EEMAC.² Mientras que el rango esperado para la época fue en base a datos recopilados por INUMET (2019) durante el periodo 1961-1990, localidad Paysandú.



PP= Precipitaciones Tmed= Temperatura media

Figura No. 3. Precipitaciones y temperatura media del periodo estudiado

Los valores de temperatura durante los meses de febrero, marzo abril, mayo y junio, se encontraron dentro del rango esperado para la época (INUMET, 2019).

En cuanto a las precipitaciones mensuales registradas en la zona experimental (estación meteorológica de la EEMAC), las mismas fueron inferiores al promedio histórico nacional en los meses de marzo y abril. En cuanto a mayo, las mismas se presentan dentro del promedio mientras que en junio las precipitaciones superan ampliamente la media.

² Facultad de Agronomía. EEMAC. 2019. Precipitaciones del periodo marzo, abril y mayo. Extraído de esta estación Meteorológica. s.p. (sin publicar).

En la figura No. 4 se ilustra gráficamente el comportamiento climático durante el periodo en estudio, el mismo se representa bajo el cálculo de ITH. Durante dicho periodo, existieron 13 días en el cual se superó el umbral de confort térmico (cuadro No. 8).

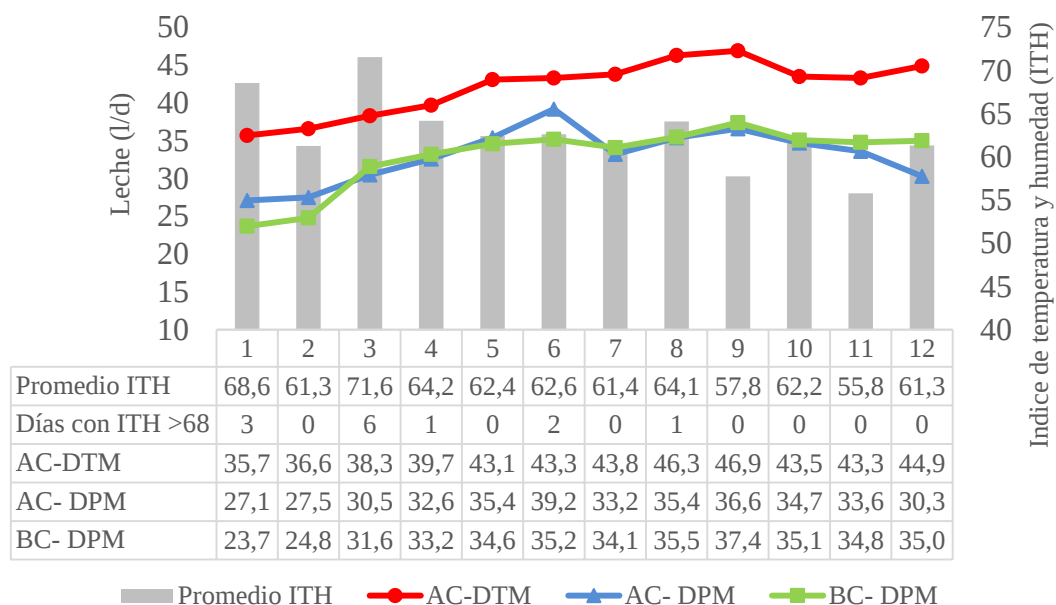


Figura No. 4. Producción de leche promedio semanal en relación al ITH

Cuadro No. 8. Días en la semana con ITH>68

SL	Días con ITH >68	Promedio ITH
1	3	72 ± 2,2
2	0	-
3	6	72,6 ± 1,1
4	1	68,8
5	0	-
6	2	69,0 ± 0,7
7	0	-
8	1	70,6
9	0	-
10	0	-
11	0	-
12	0	-

Si bien durante las semanas 3 y 4 las vacas sufrieron durante 7 días consecutivos un ITH alto (promedio 72.04 ± 1.73), en ninguno de los tratamientos existió una baja de producción en relación con la semana anterior ni siguiente. Tiende contantemente al aumento (figura No. 4).

Si bien el efecto del ITH no se midió, según los resultados estadísticos de las variables productivas y la estimación del ITH, el mismo no afectó la producción ni composición de leche (anexos No. 3, No. 4 y No. 5). Este resultado se presentó en todos los tratamientos a pesar de las diferencias del ambiente productivo.

Los tratamientos **AC- DPM** y **BC- DPM** se diferenciaron únicamente según el control del ambiente, no presentaron diferencias significativas entre ellos en la producción de leche durante las semanas de ITH alto 1, 3, 4, y 8, pero sí en la semana 6. Dicha semana fue particular, debido a que los animales se encerraron y no accedieron a la pastura. Al compararse las diferencias dentro del tratamiento **BC-DPM** no se encontraron diferencias significativas en la producción de leche, por lo que se descartó el posible efecto del ITH sobre la variable.

4.2 PASTURA, RTM, OFERTA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA

4.2.1 Pastura

Las características de la pastura (disponibilidad) y asignación de forraje de todo el periodo para los tratamientos con dieta mixta, **AC-DPM** y **BC-DPM** (cuadro No. 9), presentaron variaciones a lo largo del tiempo, tanto de asignación como disponibilidad de forraje, producto principalmente de diferentes recursos de pasturas (festuca PP3°, PP2° y avena+raigrás). En las semanas 5 y 6 hubo condiciones de exceso de agua y bajas en el stock de forraje que no permitió ingresar a la pastura, los animales se encerraron y se los alimentó solo con RTM durante dicho tiempo.

Cuadro No. 9. Disponibilidad y asignación de forraje

SL	Pastura	Tratamientos			
		AC-DPM	BC-DPM	AC-DPM	BC-DPM
		Asignación (kg MS/VO/s)		Disponibilidad (kg MS/ha)	
1	festuca PP3°	15	13	2700	3150
2	festuca PP2°	22	18	3600	3700
3	festuca PP2°	17	15	3700	3200
4	festuca PP2°	15	12	2600	2300
5	-	Encierre	Encierre	Encierre	Encierre
6	-	Encierre	Encierre	Encierre	Encierre
7	festuca PP3°	16	16	2200	2200
8	avena+raigrás	19	18	1300	1700

9	avena+raigrás	18	18	1800	1800
10	festuca PP2°	12	13	1700	1850
11	festuca PP2°	13	13	1800	1800
12	avena+raigrás	27	29	1900	2000

4.2.2 Composición química y aporte energético de la pastura

En el cuadro No. 10 se muestra el aporte energético (Mcal/kg MS) de las pasturas. Cabe mencionar nuevamente que se optó por realizar promedio de la composición química de las muestras disponibles y obtener un valor para todo el periodo, por ende, un único valor de cada pastura para el aporte energético. La avena fue la pastura que obtuvo mayor aporte energético por kg de MS.

Cuadro No. 10. Aporte energético de las pasturas

Pastura	Mcal/kg MS		
	ED*	EM**	ENL***
festuca	2,6	2,2	1,3
avena+raigrás	2,9	2,5	1,6

*ED=Energía digestible

**EM=Energía metabolizable

***ENL=Energía neta de lactación

4.2.3 Ración totalmente mezclada (RTM)

El aporte energético se calculó a partir de la composición química de las muestras, el procedimiento se detalló en la página 27 dentro del capítulo de materiales y métodos, al igual que la proporción de los alimentos.

Cuadro No. 11. Aporte energético de los alimentos ofrecidos

Alimento	ED*	EM**	ENL***
	Mcal/kgMS		
Silo de maíz	3,0	2,6	1,6
Silo de raigrás	2,5	2,1	1,3
Concentrado	3,4	3,0	1,9

*ED=Energía digestible

**EM=Energía metabolizable

***ENL=Energía neta de lactación

4.2.4 Digestibilidad de la materia orgánica (DMO%) de los alimentos

La digestibilidad de los alimentos se muestra en el cuadro No. 12, la cual fue mayor en el verdeo de invierno.

Cuadro No. 12. Digestibilidad de la materia orgánica (%DMO) de los alimentos

% Digestibilidad MO			
SL	RTM	Pastura BC-DPM	Pastura AC-DPM
1 a 7	77,1	63,6	62,8
8 a 9 y 12	78,3	69,7	69,7
10 y 11	78,3	63,6	62,8

4.3 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE

4.3.1 Producción de leche

Para la variable producción de leche (cuadro No. 13) hubo efecto del tratamiento, semana de lactación y de la interacción tratamiento x semana de lactación de manera significativa ($P < 0,05$).

Los animales del tratamiento **AC-DTM** produjeron un 27% más litros de leche que el resto de los tratamientos, de forma significativa ($P < 0,05$). Mientras que los tratamientos **AC-DPM** y **BC-DPM** no tuvieron diferencias significativas entre ellos ($P > 0,05$).

Cuadro No. 13. Producción de leche de los tres tratamientos

Variable	Tratamientos				*Efectos $P \leq 0,05$		
	AC-DTM	AC-DPM	BC-DPM	EE	T	S	T x S
Leche l/d	42,1 ^a	33,0 ^b	32,9 ^b	0,4	<.0001	<.0001	0,02

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

*T = tratamiento SL = semana de lactación, T x S = tratamiento x semana de lactación

En la figura No. 5 se muestra la evolución de la producción desde la primera semana de lactancia (SL) hasta la semana 12. El tratamiento **AC-DTM** mantuvo una mayor producción que el resto de los tratamientos durante el periodo estudiado, de manera significativa, llegando al pico de producción en la semana 9 (46,9 litros). Los tratamientos **AC-DPM** y **BC-DPM** presentaron una menor producción a lo largo de la evolución, obteniendo el pico en la semana 6 (39,2 litros) y 9 (37,4 litros) respectivamente. Lo mencionado indica la existencia de la interacción entre el tratamiento y la semana de lactación. Estas diferencias significativas del tratamiento **AC-DTM** con los tratamientos **AC-DPM** y **BC-DPM** se mantienen durante todo el periodo.

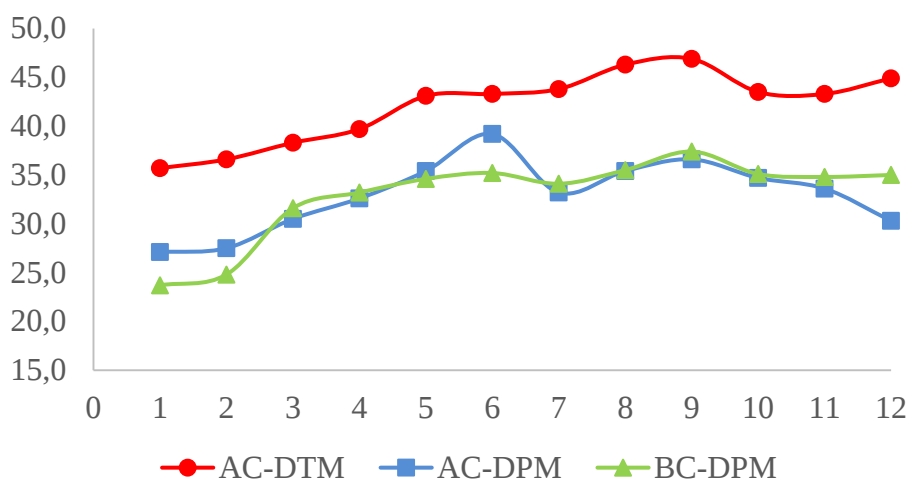


Figura No. 5. Producción de leche promedio para los tres tratamientos en función de las semanas de lactación (SL)

En el cuadro No. 14, se observa la producción de leche a lo largo de las semanas de lactación para los tres tratamientos, la producción del tratamiento **AC-DTM** fue significativamente mayor ($P < 0,05$) durante las 12 semanas en comparación con el resto de los tratamientos. Los tratamientos **AC-DPM** y **BC-DPM** no tuvieron diferencias significativas entre ellos durante todo el periodo ($P > 0,05$), a excepción de la semana 6, donde el tratamiento **AC-DPM** produjo más que el tratamiento **BC-DPM** pero menos que **AC-DTM**, de forma significativa ($P > 0,05$).

Cuadro No. 14. Producción de leche de los tres tratamientos según semana de lactación

SL	Tratamientos			EE
	AC-DTM	AC-DPM	BC-DPM	
1	35,7 ^a	27,1 ^b	23,7 ^b	3,6
2	36,6 ^a	27,5 ^b	24,8 ^b	2,0
3	38,3 ^a	30,5 ^b	31,6 ^b	1,8
4	39,7 ^a	32,6 ^b	33,2 ^b	1,6
5	43,1 ^a	35,4 ^b	34,6 ^b	1,5
6	43,3 ^a	39,2 ^b	35,2 ^c	1,5
7	43,8 ^a	33,2 ^b	34,1 ^b	1,4
8	46,3 ^a	35,4 ^b	35,5 ^b	1,6
9	46,9 ^a	36,6 ^b	37,4 ^b	1,9
10	43,5 ^a	34,7 ^b	35,1 ^b	1,5
11	43,3 ^a	33,6 ^b	34,8 ^b	1,5
12	44,9 ^a	30,3 ^c	35,0 ^b	1,7

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

4.3.2 Composición de la leche

En cuanto a la composición de la leche (cuadro No. 15) para el porcentaje de grasa, proteína y lactosa, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0,05$), no hubo efecto del tratamiento ni de la interacción del tratamiento con semana de lactación para dichas variables, pero sí se encontró efecto de la semana de lactación ($P<0,05$) para las tres variables.

Para la variable kg/día de sólidos hubo efecto del tratamiento y semana de lactación para grasa, proteína y lactosa, de manera significativa ($P<0,05$). Se encontraron diferencias significativas para la interacción del tratamiento con semana de lactación ($P<0,05$) para kg/d proteína y kg/d lactosa, no así para para kg/d de grasa ($P>0,05$).

El tratamiento **AC-DTM** produjo un 27% y 30% más de proteína y lactosa (kg/d) respectivamente, en comparación con el resto de los tratamientos.

Para dichas variables los tratamientos **AC-DPM** y **BC-DPM** no tuvieron diferencias significativas ($P>0,05$). En cuanto a la grasa (kg/d) los tratamientos **AC-DTM** y **AC-DPM**, **AC-DPM** y **BC-DPM** no tuvieron diferencias significativas ($P>0,05$), pero sí se encontró entre **AC-DTM** y **BC-DPM** ($P<0,05$).

Cuadro No. 15. Composición de la leche (kg sólidos y %) de los tratamientos

Variable		Tratamientos			Efectos*, $P \leq 0,05$			
		AC-DTM	AC-DPM	BC-DPM	EE	T	SL	T x S
Grasa	%	3,84 ^a	3,95 ^a	3,83 ^a	0,11	0,67	<.0001	0,63
	kg/d	1,67 ^a	1,37 ^{ab}	1,25 ^b	0,07	0,01	0,01	0,85
Proteína	%	3,45 ^a	3,39 ^a	3,44 ^a	0,06	0,73	<.0001	0,62
	kg/d	1,44 ^a	1,13 ^b	1,13 ^b	0,04	0,002	0,015	0,009
Lactosa	%	5,03 ^a	4,93 ^a	4,95 ^a	0,05	0,39	<.0001	0,77
	kg/d	2,14 ^a	1,65 ^b	1,64 ^b	0,05	<.0001	<.0001	0,02

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

*T = tratamiento SL = semana de lactación, T x S = tratamiento x semana de lactación

4.4 BALANCE ENERGÉTICO Y DE MATERIA SECA

4.4.1 Movilización de reservas

En la estimación de la movilización de energía de las reservas corporales (cuadro No. 16), se visualiza que los tratamientos **AC-DPM** y **BC-DPM** movilizaron hasta la semana 9, mientras que **AC-DTM** lo hizo hasta la semana 10.

Si bien el análisis estadístico no mostró diferencias significativas de la condición corporal durante todo el periodo comparando los tratamientos, las diferencias de las

variaciones decimales de la CC lograron fijar la estimación hasta cual semana movilizaron reservas los animales.

Cuadro No. 16. Movilización de energía de las reservas corporales, expresadas en Mcal/d para cada tratamiento

Energía movilizada Mcal/d			
Tratamientos			
SL	AC-DTM	AC-DPM	BC-DPM
1	2,8	4,6	3,4
2	2,5	4,0	3,0
3	2,2	3,4	2,6
4	1,8	2,8	2,2
5	1,6	2,2	1,8
6	1,3	1,6	1,4
7	1,0	1,1	1,0
8	0,7	0,5	0,7
9	0,5	0,04	0,3
10	0,2	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0

4.4.2 Requerimientos y consumo de energía neta de lactación

En el cuadro No. 17 se muestran los requerimientos de energía neta total de lactación, de producción de leche, como también el porcentaje de energía neta total que representa el mantenimiento, dentro de este incluido los requerimientos de mantenimiento dado por el peso vivo, la actividad de pastoreo y caminata, para el caso de los tratamientos que incluían pastoreo (**AC-DPM** y **BC-DPM**) y sólo mantenimiento para el tratamiento en encierro (**AC-DTM**).

Los requerimientos de energía neta de lactación totales fueron mayores para el tratamiento **AC-DTM**, e iguales y menores entre **AC-DPM** y **BC-DPM**. De igual manera sucedió con los requerimientos de energía neta de producción de leche y el porcentaje de la energía excretada en leche, siendo un 6% mayor en el tratamiento **AC-DTM**.

En cambio, el porcentaje de energía de actividad fue mayor para los tratamientos que incluían pastoreo y menor para el tratamiento en encierro.

Cuadro No. 17. Requerimientos calculados de energía neta en Mcal/d promedio y porcentaje de energía de actividad

*ENL (Mcal/d) promedio	Tratamientos		
	AC-DTM	AC-DPM	BC-DPM
ENL total	42,69	35,52	35,46
ENL producción	32,16	24,55	24,49
%ENL excretada en leche	75,34	69,13	69,05
% ENL act+mant total	24,66	30,87	30,41

*ENL=Energía neta de lactación. ENL total= Energía neta de lactación compuesta por energía neta de mantenimiento, producción y actividad de pastoreo si corresponde. ENL leche=Energía para la producción dada. %ENL act+mant= porcentaje de energía neta de mantenimiento y actividad de pastoreo sobre ENL total.

Los requerimientos totales de energía neta (Mcal/d) promedio de cada semana de lactación (ver anexo No. 1), a medida que avanzan las semanas de lactación los requerimientos aumentan progresivamente hasta llegar al pico de producción, para todos los tratamientos.

El tratamiento que tuvo mayores requerimientos fue el **AC-DTM** durante todo el periodo, mientras que en los tratamientos **AC-DPM** y **BC-DPM** fueron menores pero similares entre ellos.

La energía consumida promedio durante el periodo fue un 13% mayor para el tratamiento **AC-DTM**, 41 Mcal/d, mientras que los tratamientos con dieta mixta (**AC-DPM** y **BC-DPM**) consumieron 34 Mcal/d.

4.4.3 Requerimientos y consumo de materia seca (CMS)

Los requerimientos de consumo de materia seca se observan en el cuadro No. 18, calculados con la fórmula de NRC, detallada en el capítulo de materiales y métodos, donde van aumentando desde el inicio de la lactancia. Los mismos fueron mayores para el tratamiento **AC-DTM** durante todo el periodo, siendo menores para **AC-DPM** y **BC-DPM** y muy similares entre ellos.

Cuadro No. 18. Requerimientos de CMS (kg MS/d) calculado por NRC, según semana de lactación para los tres tratamientos

Requerimientos CMS (kg MS/d)			
Tratamientos			
SL	AC-DTM	AC-DPM	BC-DPM
1	21,7	13,3	12,0
2	24,3	14,8	14,0
3	23,9	16,0	17,0
4	24,7	17,3	17,9
5	25,7	20,3	18,7
6	26,3	21,3	20,7
7	28,4	20,4	22,5
8	28,1	21,7	21,1
9	27,4	21,8	22,5
10	27,0	21,4	22,1
11	26,6	21,1	21,3
12	26,4	20,4	21,5

El consumo de RTM (cuadro No. 19) se calculó mediante oferta y rechazo, mientras que el consumo de pastura se determinó a través del balance energético.

Para el consumo total y de RTM hubo efecto del tratamiento, semana de lactación y la interacción tratamiento por semana ($P < 0,05$). Mientras que para el consumo de pasto no se encontró efecto del tratamiento ($P > 0,05$).

El consumo de materia seca total del tratamiento **AC-DTM** fue de 3,4 y 3 kg MS/d mayor que **AC-DPM** y **BC-DPM** respectivamente, mientras que en los tratamientos con dieta mixta (**AC-DPM** y **BC-DPM**) no se encontraron diferencias significativas en consumo total de materia seca ni tampoco hubo diferencias significativas en el consumo de pastura.

Cuadro No. 19. Consumo de MS (kg MS/d) y ENL (Mcal/d) de los tratamientos

	Tratamientos			Efectos $P \leq 0.05$			
	AC-DTM	AC-DPM	BC-DPM	EE	T	S	T x S
Consumo total	25,3 ^a	21,9 ^b	22,3 ^b	0,5003	0,0055	<,0001	0,0034
RTM	25,3 ^a	15,7 ^b	16,1 ^b	0,5229	<,0001	<,0001	<,0001
Pastura	...	6,2 ^a	6,1 ^a	0,6996	0,9163		

^{a,b}, letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$)

En el cuadro No. 20 se muestran los resultados en consumo de materia seca (kg MS/d) para cada semana de lactación y las diferencias entre tratamientos según sus

respectivas semanas. El tratamiento **AC-DTM** tuvo mayores consumos en las semanas 3, 7 y 12 con diferencias significativas ($P < 0,05$), mientras que en los dos tratamientos con dieta mixta (**AC-DPM** y **BC-DPM**) no hubo diferencias en dichas semanas. En la semana 2 el consumo de **AC-DTM** fue superior al **BC-DPM** pero no tuvo diferencias con **AC-DPM**. En la semana 6 el consumo de **AC-DTM** fue menor a los tratamientos con dieta mixta y en las semanas restantes no hubo diferencias significativas.

Cuadro No. 20. Consumo de materia seca (kg MS/d) de los tres tratamientos según semana de lactación

SL	Tratamientos			
	AC-DTM	AC-DPM	BC-DPM	EE
2	25,3 ^a	19,1 ^{ab}	14,6 ^b	1,94
3	24,0 ^a	17,9 ^b	20,6 ^b	1,94
4	22,1 ^a	20,3 ^a	21,1 ^a	1,94
5	22,1 ^a	25,2 ^a	25,8 ^a	1,94
6	23,7 ^b	27,7 ^a	28,9 ^a	1,94
7	30,1 ^a	22,3 ^b	25,3 ^b	1,94
8	25,9 ^a	22,5 ^{ab}	21,3 ^{ab}	1,94
9	24,7 ^a	22,3 ^a	23,0 ^a	1,94
10	25,1 ^a	23,0 ^a	22,8 ^a	1,94
11	22,6 ^a	20,8 ^a	21,0 ^a	1,94
12	25,2 ^a	19,3 ^b	20,7 ^b	1,94

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

En la figura No. 6 se grafica la evolución del CMS total a lo largo de las semanas de lactación. Se registra el pico de consumo del tratamiento **AC-DTM** en la semana 7 (49 días post-parto), y para **AC-DPM** y **BC-DPM** el pico se registra en la semana 6 (42 días post-parto). La alimentación de los animales del tratamiento con dieta mixta, fue en un 70% compuesta por la RTM y en un 30% por la pastura (figura No. 7).

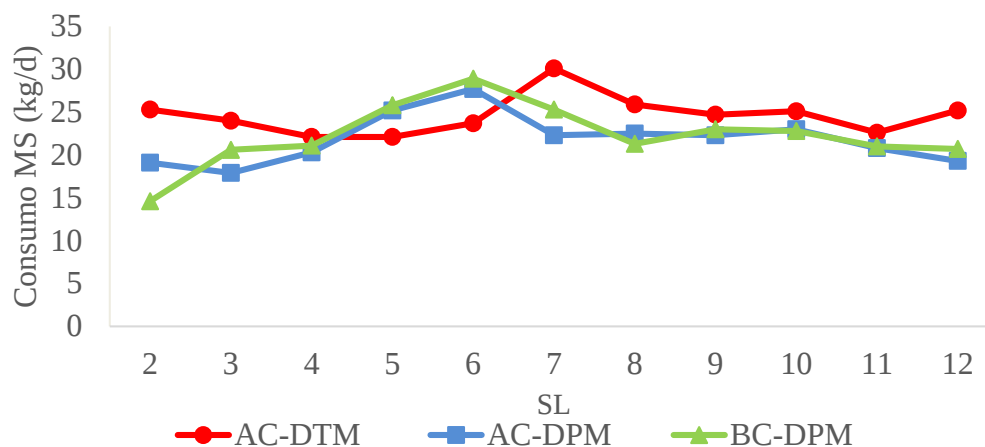


Figura No. 6. Consumo de materia seca total (kg MS/VO/d) a lo largo de las semanas de lactación

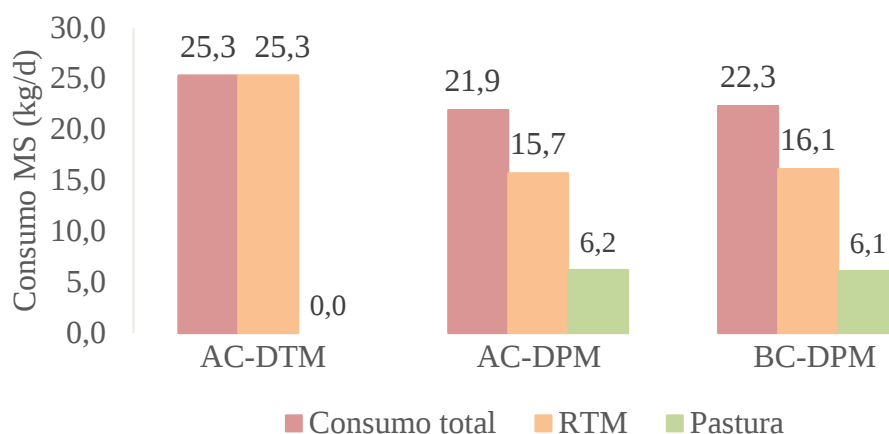


Figura No. 7. Gráfico de barras de consumo de MS total, RTM y pastura promedio

El tratamiento **AC-DTM** fue el que tuvo un mayor consumo ($P < 0,05$), debido a que su dieta no incluyó pastura (cuadro No. 21).

Durante la semana 5 y 6, momento en el cual todos los animales se encontraron encerrados, se pudo observar que en la semana 5 el consumo de los tratamientos no tuvo diferencias significativas ($P > 0,05$), pero en la semana 6 se encontró que el consumo de **AC-DTM** fue menor que el resto de los tratamientos ($P < 0,05$). Lo mencionado se observa en la figura No. 8, donde el consumo de la RTM de los tratamientos con dieta mixta sube abruptamente en el momento que se los encierra (semana 5 y 6), sobrepasando al tratamiento **AC-DTM**. Al retomar el pastoreo (**AC-DPM** y **BC-DPM**) en la semana 7 y

posteriormente, el consumo de RTM disminuye y queda por debajo del tratamiento **AC-DTM**.

Cuadro No. 21. Consumo de RTM, expresada en kg MS/d de los tratamientos según semana de lactación

SL	Tratamientos			
	AC-DTM	AC-DPM	BC-DPM	EE
2	25,3 ^a	9,8 ^b	8,3 ^b	2,04
3	24,0 ^a	12,7 ^b	14,3 ^b	2,04
4	22,1 ^a	12,9 ^b	13,9 ^b	2,04
5	22,1 ^a	25,2 ^a	25,8 ^a	2,04
6	23,7 ^b	27,7 ^a	28,9 ^a	2,04
7	30,1 ^a	13,7 ^b	14,3 ^b	2,04
8	25,9 ^a	13,6 ^b	13,6 ^b	2,04
9	24,7 ^a	14,1 ^b	14,3 ^b	2,04
10	25,1 ^a	14,1 ^b	14,7 ^b	2,04
11	22,6 ^a	14,9 ^b	15,2 ^b	2,04
12	25,2 ^a	14,0 ^b	14,4 ^b	2,04

^{a,b} letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$)

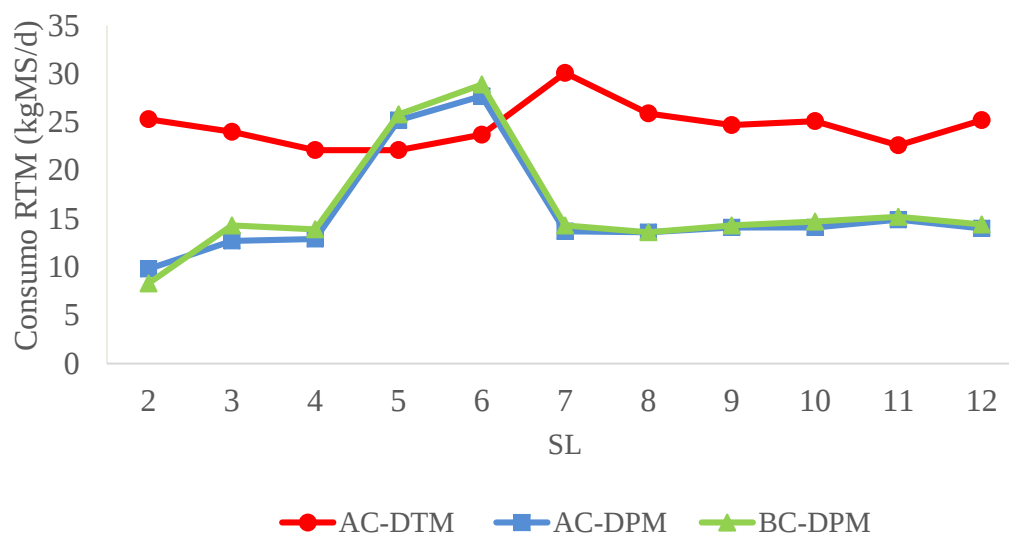


Figura No. 8. Evolución del consumo de RTM a lo largo de las semanas de lactación

En el cuadro No. 22 se resume los componentes, porcentaje de alimentos y la relación forraje/concentrado de la dieta. Los tratamientos con dieta mixta, **AC-DPM** y **BC-DPM** tuvieron una mayor relación, resultando en un 60% de forraje en su dieta, incluyendo la pastura, silo de raigrás y maíz dentro de este.

Cuadro No. 22. Componentes de la dieta y su relación forraje/concentrado

% Dieta y alimentos	Tratamientos		
	AC-DTM	AC-DPM	BC-DPM
RTM	100	72	72
Pastura	0	28	28
Concentrado	53,0	38	38
Silo maíz	25,5	18	18
Silo raigrás	21,5	15	15
Pastura	0	28	28
Relación forraje/concentrado	47/53	60/38	60/38

4.5 CONDICIÓN CORPORAL

Para la variable condición corporal (cuadro No. 23) escala 1-5, existió efecto de manera significativa ($P<0,05$) únicamente para los días post parto (DPP). No hubo efecto del tratamiento y la interacción tratamiento x DPP ($P>0,05$).

Cuadro No. 23. Condición corporal de los tres tratamientos

Variable	Tratamientos			Efectos*, $P\leq 0,05$			
	AC-DTM	AC-DPM	BC-DPM	EE	T	DPP	T x DPP
Condición Corporal	2,81 ^a	2,70 ^a	2,67 ^a	0,051	0,149	<0,0001	0,05

*T = tratamiento. DPP = días post parto. T x DPP = tratamiento x días post parto

En el comportamiento de la condición corporal durante el periodo estudiado (cuadro No. 24), se representan las diferencias entre los tratamientos en letras minúsculas y dentro el mismo tratamiento en letras mayúsculas. En cuanto a las observaciones entre tratamientos, el tratamiento **BC- DPM** presentó una CC significativamente inferior ($P<0,05$) durante dos periodos (15 y 90 DPP) en relación a los otros dos tratamientos **AC-DTM** y **AC-DPM**, entre ellos no existió en ningún momento diferencias significativas ($P>0,05$).

En el comportamiento de la CC dentro de cada tratamiento se observó que los tratamientos con alto control del ambiente (**AC-DTM** y **AC-DPM**) presentaron pérdidas significativas ($P<0,05$) durante los primeros 30 DPP, mientras que el tratamiento **BC-**

DPM redujo su condición de forma significativa hasta los 15 DPP. **AC- DPM** presenta otra pérdida a los 75 DPP.

Cuadro No. 24. Condición corporal para los tres tratamientos según DPP

Variable	Tratamientos			
DPP	AC-DTM	AC- DPM	BC-DPM	EE
0	^A 3,13 ^a	^A 3,02 ^a	^A 2,98 ^a	0,0959
15	^B 2,95 ^a	^B 2,82 ^a	^B 2,72 ^b	0,0968
30	^C 2,70 ^a	^C 2,67 ^a	^B 2,64 ^a	0,0963
45	^C 2,68 ^a	^C 2,63 ^a	^B 2,60 ^a	0,0958
60	^C 2,73 ^a	^C 2,65 ^a	^B 2,66 ^a	0,0958
75	^C 2,73 ^a	^D 2,54 ^a	^B 2,56 ^a	0,0958
90	^C 2,74 ^a	^D 2,58 ^a	^B 2,52 ^b	0,0965

^{A,B,C,D} letras mayúscula representan diferencias significativas dentro del mismo tratamiento. ^{a,b} letras hacen referencia a las diferencias estadísticas entre tratamientos.

Si bien el tratamiento **AC- DTM** se mantuvo siempre superior, en ningún tratamiento logró recuperar significativamente la condición durante el periodo en estudio.

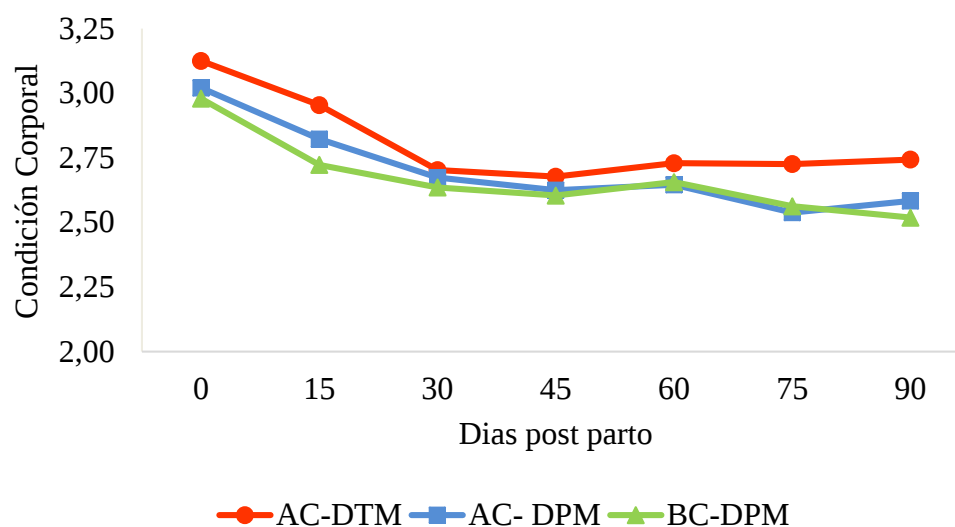


Figura No. 9. Evolución de condición corporal en relación a las semanas post-parto

5. DISCUSIÓN

5.1 PRODUCCIÓN DE LECHE Y CONSUMO DE MATERIA SECA

Los resultados indican que el tratamiento que presentó mayor producción en todo el periodo fue AC-DTM, el cual logró un mayor consumo de materia seca y mayor cantidad de energía excretada en leche, siendo en un 6% mayor (75 vs. 69) que los tratamientos con dieta mixta (AC-DPM y BC-DPM).

Este valor y los resultados coinciden con la bibliografía consultada, debido a que Fajardo et al. (2015) encontraron una mayor producción y energía excretada en vacas alimentadas con RTM. Si bien se esperaba un porcentaje mayor de energía excretada en leche, resultó en un menor valor producto de una menor concentración de grasa en leche.

La mayor producción de leche del tratamiento AC-DTM se explica por 3 causas, la primera por el mayor consumo de materia seca que logró en comparación con el resto de los tratamientos que poseían dieta mixta, 25,3 kg MS vs. 21,9 (AC-DPM) y 22,3 (BC-DPM). La segunda causa, por haber tenido mayor proporción de partición de la energía hacia la producción, 75% vs. 69% (AC-DPM y BC-DPM), esto se debe a que los animales del tratamiento AC-DTM no poseían el gasto energético destinado a caminata y pastoreo. La última causa fue porque su dieta se basó en una RTM y no incluyó pastura, por lo que pudo lograr un mayor consumo.

Los altos consumos del tratamiento AC-DTM porque fue producto de una dieta altamente digestible con un gran aporte de carbohidratos no estructurales lo que pudo haber hecho que la tasa de pasaje haya sido alta y se haya estimulado así un mayor consumo. Adicionalmente, el alimento se les ofrecía ad libitum y no tenían el costo de cosecha del alimento como sí los tenían los animales de los tratamientos con pastoreo.

Según la bibliografía, Mills et al. (1999), agregan que los suplementos en base a cereales altos en contenido de almidón generan un aumento en la fermentación a nivel ruminal, incrementando el propionato producido por kilogramo de materia seca, lo cual resulta en mayor producción de leche.

Básicamente el efecto de las dietas concentradas en la producción de leche se da por el alto nivel de almidón (energía), la cual modifica las concentraciones de ácidos grasos volátiles y la cantidad de ácido propiónico en el rumen, el cual es el factor más relevante como precursor de la síntesis de glucosa en el hígado de los rumiantes, aumentando la cantidad de lactosa sintetizada en la glándula mamaria (Bargo et al., 2002).

Según Wattiaux y Armentano (2015a) la producción de leche en las vacas lecheras es altamente influenciada por la cantidad de glucosa derivada del propionato producido en el rumen, al producir más glucosa, resulta en más lactosa y así en una mayor producción de leche.

La menor producción de leche de los tratamientos AC-DPM y BC-DPM se explica principalmente porque poseían el gasto de energía en actividades de caminata, pastoreo y mantenimiento, lo cual destinaban el 30% de la energía neta de lactación consumida, quedando así menos para la partición de energía en leche.

La otra causa que explica la menor producción, se debe al menor consumo de materia seca y porque su dieta era mixta, incluían pastoreo. Según la bibliografía citada, se puede relacionar con lo que sostiene Hodgson (1985), Laca et al. (1992, 1994), Chilibraste (1998a), donde en condiciones de pastoreo, el consumo se ve afectado por las propiedades físico-estructurales de la pastura, siendo el “llenado o “regulación física” la limitante para lograr altos consumos voluntarios de materia seca.

Estos resultados de producción y consumo, concuerdan con la bibliografía consultada, ya que Kolver y Müller (1998), Soriano et al. (2001), Bargo et al. (2002), Fajardo et al. (2015), en experimentos que comparan RTM con pastoreo se diferencian significativamente en cuanto a producción de leche y consumo de materia seca.

En cuanto a las variables en escala semanal, se visualizó que para la producción de leche aumentó progresivamente desde la semana 1 independientemente del tratamiento, hasta haber alcanzado el pico de producción, en la semana 6 para AC-DPM y en la semana 9 para AC-DTM y BC-DPM, luego del pico la producción descendió paulatinamente.

Con respecto al consumo, se encontró que al inicio de la lactancia (SL 1) los tratamientos con alto control del ambiente (AC-DPM y AC-DTM) tuvieron un mayor consumo de manera significativa, a su vez no se encontraron diferencias entre los tratamientos con dieta mixta (AC-DPM y BC-DPM) pero sí entre BC-DPM y AC-DTM, esta diferencia en consumo puede ser explicada por el nivel del control del ambiente, las vacas del tratamiento de bajo control, estuvieron expuestas a las mayores temperaturas y a 3 días de ITH por encima del umbral que se presentaron en dicha semana, sumado a los mayores costos energéticos que implicó la caminata y pastoreo, el menor consumo se pudo haber explicado por la dirección de la partición de energía hacia el mantenimiento, por haber estado expuesto a las condiciones ambientales y a un menor confort animal.

Durante las semanas 5 y 6, donde se encerraron los animales de los tratamientos con dieta mixta (AC-DPM y BC-DPM), se visualizó un aumento de la producción de leche, principalmente en el tratamiento AC-DPM, donde produjo un 11% más que BC-DPM y se diferenció significativamente del mismo. La única diferencia entre dichos tratamientos fue el control del ambiente, la menor producción del tratamiento a cielo abierto puede ser explicada por la dirección de la partición de la energía y también por un efecto residual de las altas temperaturas en las primeras semanas de lactación.

El consumo durante el encierre en ambos tratamientos aumentó, colocándose los tratamientos con dieta mixta al mismo nivel de consumo que el tratamiento AC-DTM de manera significativa durante la semana 5.

El aumento notorio del consumo de los tratamientos con dieta mixta, se pudo deber a la relación positiva que existe entre la digestibilidad y el consumo. Las dietas total mezcladas (RTM) presentan mayores digestibilidades que la pastura, lo cual se reflejó en mayores consumos para las dos semanas de encierre.

Como sostienen Conrad et al., citados por Chilibroste (1998a), con digestibilidades mayores a 66% no existe efecto de la regulación física del consumo. Dicha afirmación coincide con los datos de este experimento, ya que las digestibilidades de la pastura, sobre todo la festuca, que fue la que se pastoreó durante mayor tiempo en el periodo, tuvo una digestibilidad menor al 66% (63,2% promedio).

Comparativamente, la pastura presentó menores digestibilidades que la RTM, 63,2 vs. 77,5% respectivamente, lo que se vio reflejado en mayores niveles de consumo en condiciones de encierro para el tratamiento AC-DTM. A la vez, se visualizó esta afirmación también en las semanas que los tratamientos con dieta mixtos fueron encerrados, ya que el consumo se duplicó, aumentando 12,3 kg MS/d y 11,9 kg MS/d adicional de la semana 4 a la 5 para AC-DPM y BC-DPM respectivamente.

En dichas semanas de encierre, fue donde el tratamiento AC-DPM produjo su pico de producción y consumo (semana 6, 42 DPP), mientras que el tratamiento BC-DPM hizo el pico de consumo en la misma semana, pero la producción desfasó y se produjo el pico en la semana 9 (63 DPP).

La combinación de condiciones climáticas de la semana 6 pudo haber sido uno de los factores incidentes en el retraso del pico productivo del tratamiento BC-DPM, el cual estuvo más expuesto a las condiciones ambientales y un menor confort.

El pico de producción de leche del tratamiento AC-DTM se produjo en la semana 9 (63 DPP), mientras que el de consumo en la semana 7 (49 DPP).

Los tratamientos con dieta mixta al haber pasado de condiciones de encierre donde se las alimentó solo con RTM a la pastura de festuca (PP3°), el consumo de ambos tratamientos disminuyó significativamente y llegó a ser menor que AC-DTM.

Durante la semana 8, en el consumo de los tratamientos no se encontraron diferencias significativas entre ellos ($P < 0,05$), fue el momento en el que los tratamientos con dieta mixta ingresaron al pastoreo del verdeo de invierno. Esta aproximación del consumo de AC-DPM y BC-DPM con el tratamiento AC-DTM, pudo ser explicada debido a la menor fibra y materia seca del verdeo, el porcentaje de fibra detergente neutro

(FDN) y materia seca para la festuca fueron de 64.1% y 29.9% respectivamente, mientras que la avena tuvo menor porcentaje de MS y FDN, 16,2% y 48,4% respectivamente.

El menor porcentaje de materia seca y fibra, se pudo haber traducido en un mayor consumo de materia seca y sumado un mayor aporte energético, se vertió en una mayor producción de leche.

5.2 CONTENIDO Y CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS

Los resultados indicaron que no se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de grasa, proteína y lactosa entre los tratamientos.

Esto concuerda con lo mencionado por Soriano et al. (2001), quienes no encontraron diferencias en cuanto a sólidos entre los animales de los tratamientos con dieta total mezclada y dieta mixta.

En cuanto a los kg/d, el tratamiento AC-DTM produjo mayor cantidad de proteína y lactosa de manera significativa, en comparación con los tratamientos con dieta mixta.

La mayor cantidad de lactosa se pudo explicar por lo mencionado por Wattiaux y Armentano (2015a), respecto a que una dieta con mayor concentración de energía y una mayor proporción de producción de propionato, se traduce en una mayor producción de glucosa y por ende, de lactosa, si bien la concentración de lactosa es bastante constante, al producir mayor cantidad de leche, se traduce en mayor cantidad de kg/d de lactosa producida.

Con respecto a la proteína, si bien no se encontraron diferencias en la concentración, pero sí en los kg producidos, se explica de igual manera que la lactosa, el tratamiento AC-DTM al haber producido mayor cantidad de leche, produjo en kg/d mayor cantidad de proteína.

En cuanto al contenido de grasa (kg/d), los tratamientos con alto control del ambiente productivo (AC-DTM y AC-DPM) produjeron de forma significativa mayor kg/d de grasa, mientras que el tratamiento BC-DPM produjo igual que AC-DPM, pero menos que el tratamiento AC-DTM de manera significativa.

El menor contenido de grasa (kg/d) se podría atribuir a la menor producción de leche. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la producción y consumo entre los tratamientos AC-DPM y BC-DPM no tuvieron diferencias significativas entre ellos, por lo que el tratamiento BC-DPM podría haber producido la misma cantidad de grasa que AC-DTM como sí lo hizo AC-DPM. Estos resultados no concuerdan con los autores citados en bibliografía, Azanza y Machado (1997), Padula y Rovira (1999), que relacionaron la menor cantidad de kg de grasa producidos a una menor producción

Hubo múltiples factores que pudieron haber incidido en dicho resultado. La posible causa de esta diferencia pudo haber sido explicada por el nivel del control del ambiente, el tratamiento con bajo control (BC-DPM) permaneció más expuesto a las condiciones ambientales y además no poseía métodos de refrigeración (ventilación forzada y aspersión de agua) como si los tenían los tratamientos con alto control.

Si bien el porcentaje de grasa no se vio afectado ya que ningún tratamiento mostró diferencias significativas, puede ser que las pequeñas diferencias de una menor producción, sumado a el efecto de varios factores, como una posible menor rumia (Davidson et al., 1996), siendo este aspecto muy importante en el control del pH del rumen dado el poder buffer de la saliva, a consecuencia de una menor rumia el medio ruminal se vuelve más ácido (Kadzere et al., 2002), se rompe el equilibrio y los microorganismos celulíticos son los más afectados, ya que se desarrollan en pH más neutro. En consecuencia, la digestión de la fibra disminuiría, y con eso la síntesis de butírico, precursor de la grasa de la leche (Campabadal, 1999).

Las diferencias en el comportamiento ingestivo en pastoreo, la selección de la pastura y la composición química de lo seleccionado, como también los costos de regulación que pudieron haber resultado diferentes, BC-DPM pudo haber particionado mayor energía en el mantenimiento. Dichos factores mencionados y el efecto sumado de cada uno pueden haber explicado la menor producción en kg/d de grasa.

5.3 MOVILIZACIÓN DE RESERVAS

La estimación de la movilización de reservas fue mayor al inicio de la lactancia (primeras 4 semanas) para los tratamientos con dieta mixta, AC-DPM y BC-DPM en comparación con AC-DTM. Esto se explica debido que al inicio de la lactancia, las vacas se encontraron en balance energético negativo, por lo que movilizaron reservas para cubrir la alta demanda energética que conllevó la producción de leche.

En el caso de dichos tratamientos que incluían el pastoreo, parte de la energía la destinaron a la caminata y actividad de pastoreo, quedando menos cantidad de energía en la partición para producción de leche, lo que llevó movilizar más.

Además, el consumo de los tratamientos AC-DPM y BC-DPM fue menor de forma significativa que el tratamiento AC-DTM en dichas semanas, por lo que necesitaron movilizar aún más energía, ya que el consumo de energía fue menor.

El tratamiento AC-DTM, movilizó reservas corporales por una semana más en comparación con los tratamientos AC-DPM y BC-DPM (semana 10 vs. 9 respectivamente), se explica por la mayor producción de leche del mismo y por ende por tener mayores requerimientos de energía totales.

5.4 CONDICIÓN CORPORAL

Con el inicio de la lactancia, todos los tratamientos tendieron a una baja significativa de condición corporal (CC). Esto se debió a la alta demanda metabólica causada por la transición del estado preñada no lactante a lactante generando en la vaca un desbalance energético (Grummer, 1995). El balance energético negativo (BEN) dio su pico máximo entre las semanas 2 y 4 cuando generalmente se alcanza durante las semanas 1 y 2 de lactancia (Butler y Smith, 1989).

Ruegg et al., citados por Corea-Guillén et al. (2008) mencionan que las vacas que paren con mayor CC tienden a presentar mayores pérdidas posparto. En este estudio la CC al parto no presentó diferencias significativas pero sin embargo en los tratamientos AC-DTM y AC- DPM que la CC era levemente superior resultó en una mayor caída y más prolongada. Esto se debe a que la CC se encuentra directamente correlacionada con la producción láctea, por lo que mayores producciones demandan más energía movilizandando más reservas corporales (Domec et al., citados por Corea-Guillén et al., 2008).

Durante el periodo evaluado (90 DPP), ninguno logró reestablecer la condición corporal a pesar del manejo nutricional y ambiente productivo. No obstante, Wattiaux (2014), Arias et al. (2015) mencionan que es de esperar que la vaca no recupere condición por aproximadamente 12 semanas ya que aún se encuentra movilizandando.

Wattiaux (2014), Arias et al. (2015) también comentan sobre lo importante que es el manejo del rodeo durante el periodo de transición. Se debe a que con una CC adecuada al periodo del parto, ayuda a minimizar el impacto del balance negativo. Los resultados en cuanto a la CC al periodo del parto, coinciden en todos los tratamientos con el grado recomendado por Wattiaux (2014). El sugerido ronda entre los 3,0-3,5 y los tratamientos presentaron valores de 3,13 (AC- DTM), 3,02 (AC- DPM) y 2,98 (BC- DPM) con un desvío estándar de 0,0959 por lo que se podría concluir que el manejo de vaca seca fue correcto.

6. CONCLUSIONES

Para las condiciones en que fue llevado a cabo el experimento, se puede concluir que animales en encierro, que fueron alimentados a lo largo del experimento solo con RTM presentaron mayores niveles de producción, de kg/d de sólidos, consumo de materia seca y energía a lo largo del período comparado con los tratamientos de dieta mixta.

Independientemente de la estrategia de alimentación, todos los animales movilizaron reservas luego del parto. No obstante, el grado de movilización fue mayor en los tratamientos con dieta mixta, mientras que en el tratamiento estabulado los valores fueron menores pero el tiempo de dicha movilización fue más prolongado debido a la mayor producción.

Se puede sostener que Uruguay tiene un gran potencial para explotar la producción de leche. En el país dominan los sistemas de producción con una base pastoril, lo cual permite una producción con un menor costo. A partir de esta investigación donde se logró comparar diferentes ambientes de producción y alimentación se logró ver y comprender la respuesta por parte del animal, siendo esto un gran aporte para los productores del país.

Esto lleva a cuestionarse que puede haber épocas en la lactancia donde pueda convenir colocar a los animales en lugares con mayor confort, ya sea a causa de una baja disponibilidad de stock de forraje o condiciones ambientales desfavorables (barro, calor, exceso de precipitaciones) situaciones donde el animal gasta más energía para confrontarlas, traduciéndose en menor producción.

La importancia del periodo de la vaca en transición, en el ocurren grandes desórdenes metabólicos, sumado a la alta demanda energética a causa del aumento en producción, conlleva a la movilización de reservas donde se ven más afectadas aquellas vacas que luego del parto que ingresan directamente al pastoreo. Hay escenarios puntuales como éste, donde pueda convenir mantener al rodeo en un ambiente con buen confort y dietas balanceadas según los requerimientos, donde se pueda atenuar lo máximo posible la brecha que existe entre oferta y demanda energética.

7. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de diferentes niveles de control del ambiente productivo y sistemas de alimentación sobre la producción, composición de la leche y principalmente, sobre el balance energético, consumo de materia seca total y de energía, en vacas multíparas Holando ($n=36$) con parición de otoño durante el primer tercio de la lactancia. El diseño utilizado fue un DCA, se compararon 3 tratamientos: 1) AC-DTM, vacas que se encontraron estabulados, en un galpón con sistema de cama caliente, aspersión y ventilación con alto nivel del control del ambiente (AC) y con dieta 100% total mezclada (DTM), 2) AC-DPM, animales que se encontraron estabulados durante la mayor parte del día, en el mismo galpón e iguales condiciones ambientales que el tratamiento AC-DTM, con alto control del ambiente (AC), con un sistema de alimentación conformado por una sesión de pastoreo matutina y suplementación con RTM vespertina, con dieta parcial mezclada (DPM), 3) BC-DPM, se encontraban a cielo abierto, con bajo nivel del control del ambiente (BC), disponibilidad de sombra y agua, sistema de alimentación igual que AC-DPM. La RTM suministrada para el tratamiento AC-DTM fue en base a balance energético, con el fin de cubrir los requerimientos totales. Para los tratamientos AC-DPM y BC-DPM, la dieta se definió según balance energético considerando la disponibilidad de pasto y una utilización del 50%, el resto se cubrió con la RTM. Las vacas del tratamiento AC-DTM produjeron un 27% más litros de leche que el resto de los tratamientos AC-DPM y BC-DPM (42,3 vs. 33,02 y 32,93 l/d; $P<0,05$), los tratamientos con dieta mixta no tuvieron diferencias significativas entre ellos ($P>0,05$). No se encontró diferencias significativas en el porcentaje de sólidos entre tratamientos ($P>0,05$), sí en kg/d, AC-DTM produjo mayor cantidad de proteína y lactosa (27% y 30% más, respectivamente) en comparación con AC-DPM y BC-DPM (proteína 1,44 vs. 1,13 y 1,13 kg/d respectivamente; $P<0,05$) (lactosa; 2,14 vs. 1,65 y 1,64 kg/d respectivamente; $P<0,05$), entre AC-DPM y BC-DPM no hubo diferencias significativas ($P>0,05$). Para los kg/d de grasa, AC-DTM y AC-DPM, AC-DPM y BC-DPM no tuvieron diferencias significativas (1,67 vs. 1,37 y 1,37 vs. 1,25 kg/d respectivamente; $P>0,05$), pero si se encontró entre AC-DTM y BC-DPM (1,67 vs. 1,25 kg/d respectivamente; $P<0,05$), esas diferencias pueden ser explicado por el nivel del control del ambiente. AC-DTM tuvo mayores requerimientos de ENL, mientras que en los tratamientos con dieta mixta fueron menores pero similares entre ellos (42,7 vs. 35,5 Mcal/d respectivamente), lo mismo sucedió con los requerimientos de energía neta de producción de leche y el %ENL excretada en leche, siendo un 6% mayor en el tratamiento AC-DTM. El consumo de materia seca total de AC-DTM fue de 3,4 y 3 kg MS/d mayor que AC-DPM y BC-DPM respectivamente (25,3 vs. 21,9 y 22,3 kg/MS/d respectivamente; $P<0,05$), en los tratamientos AC-DPM y BC-DPM no se encontraron diferencias significativas en consumo total ni tampoco en el de pastura (6,2 vs. 6,1 kg/MS/d respectivamente; $P>0,05$). Las diferencias en producción de leche entre los tratamientos con dieta mixta y solo con RTM se pueden explicar por un mayor consumo en kg MS/vaca/día, mayor cantidad de energía excretada en leche y por no tener gasto energético de actividad y pastoreo, que si lo poseían los tratamientos AC-DPM y BC-DPM lo que repercute en los resultados

productivos. El mayor consumo del tratamiento AC-DTM es producto de una dieta altamente digestible con una gran aporte de CHO's no estructurales lo que hace que la tasa de pasaje sea alta y se estimule así un mayor consumo.

Palabras clave: Holando; Parición de otoño; RTM; DPM; Pastoreo; Balance energético; Consumo.

8. SUMMARY

The objective of the present work was to study the effect of different levels of control of the productive environment and feeding systems on the production, milk composition, and mainly, on the energy balance, consumption of total dry matter and energy, in Holstein multiparous cows ($n=36$) of Autumn parturition during the first third of lactation. A complete randomized block design was used and animals were blocked and randomly allocated to one of the following three treatments: 1) AC-DTM, confined cows fed with TMR (total mixed ration), in a compost bedded pack barn, including mechanical ventilation and sprinkler system, 2) AC-DPM, animals that were confined half of the day in the same compost bedded pack barn and equal conditions as AC-DTM, with an alimentation system that consisted by morning grazing and supplementation with TMR in the afternoon with a partial mixed ration (PMR), 3) BC-DPM, cows were kept outdoors, with low environmental control, provided with shade and water, and the feeding system was the same as AC-DPM. The TMR administered for treatment AC-DTM was based on energetic equilibrium, for the purpose of addressing the total requirements. Diet was based according to energetic balance for AC-DPM and BC-DPM treatments, where 50% of pasture was estimated from the total offered. The remaining energetic need of the cows were covered with TMR. AC-DTM treatment cows produced 27% more milk than AC-DPM and BC-DPM (42,3 vs. 33,02 and 32,93 l/d; $P<0,05$), the mixed diet treatments didn't have significant differences between them ($P>0,05$). No significant differences in the percentage of milk solids were found between treatments ($P>0,05$), but yes there were differences in kg/d in AC-DTM treatment, producing higher amounts of protein and lactose (27% and 30% more, respectively) in comparison to AC-DPM and BC-DPM (protein 1,44 vs. 4,13 and 1,13 kg/d respectively); $P<0,05$) (lactose; 2,14 vs. 1,65 y 1,64 kg/d respectively; $P<0,05$), there were no significant differences between AC-DPM and BC-DPM ($P>0,05$). Regarding milk fat (kg/d), AC-DTM and AC-DPM, AC-DPM and BC-DPM, there were no significant differences found (1,67 vs. 1,37 y 1,37 vs. 1,25 kg/d respectively; $P>0,05$); however there were differences between AC-DTM y BC-DPM (1,67 vs. 1,25 kg/d respectively; $P<0,05$), these differences may be explained according to the environment control. AD-DTM had higher requirements of net energy lactation (NEL), while in the mixed diet treatments they were lower but similar between them (42,7 vs. 35,5 Mcal/d respectively) the same happened with the requirements of net energy for milk production and the percentage of NEL excreted in milk, thus being a 6% higher in the treatment AC-DTM. The total dry matter intake was 3,4 and 3kg DM/d higher than AC-DPM and BC-DPM respectively (25,3 vs. 21,9 and 22,3 kg/ DM/d respectively; $P<0,05$), during the treatments AC-DPM and BC-DPM no significant differences were found in the total intake nor in the pasture intake (6,2 vs. 6,1 kg/DM/d respectively; $P>0,05$). The differences of milk production between the treatments that included a mixed diet and only including TMR may be explained by a greater intake in kg DM/ cow/day, a greater amount of energy excreted in milk and by not showing energy waste when grazing and in activity, which was seen in the AC-DPM and BC-DPM treatments, which has an impact on the production results. The greatest dry mater intake in AC-DTM is the product of a high

digestible diet with a great supply of non-structural carbohydrates, that results in a very high passage rate and then a greater consumption.

Keywords: Holstein; Autumn parturition; TMR; PMR; Grazing; Energy balance; Consumption.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, Y. s.f. Alimentación y sólidos en leche. (en línea). Colonia, INIA. s.p. Consultado 02 jul. 2020. Disponible en <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/pol/2002/informe-1.pdf>
2. Allen, W. G.; McDWhittaker, I. A. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep; the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal of Agricultural Research*. 21(5):755-766.
3. Álvarez, P. J. 1999. La evaluación de la condición corporal como metodología preferente para la estimación del estado de engrasamiento en vacas lecheras. *Producción de Sanidad Animal*. 14(1-3):51-70.
4. Arias, D.; Bretschneider, G.; Salado, E.; Cuatrin, A.; Arias, D. 2015. Lactancia: pico y persistencia ¿Por qué cuidarlos? Santa Fe, INTA. 3 p.
5. Arnott, G.; Ferris, C. P.; O'Connell, N. E. 2017. Review: welfare of dairy cows in continuously housed and pasture-based production systems. *The Animal Consortium*. 11(2):261-273.
6. Auldist, M. J.; Walsh, B. J.; Thomson, N. A. 1998. Seasonal and lactational influences on bovine milk composition in New Zealand. *Journal of Dairy Research*. 65(3):401-411.
7. _____.; Marett, L. C.; Greenwood, J. S.; Wright, M. M.; Hannah, M.; Jacobs, J. L.; Wales, W. J. 2016. Milk production responses to different strategies for feeding supplements to grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 99(1):657-671.
8. Azanza, J.; Machado, E. 1997. Efecto de la disponibilidad de sombra en verano, en vacas lecheras con distintos niveles de producción. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 121 p.
9. Barber, D. G.; Auldist, M. J.; Anstis, A. R.; Ho, C. K. M. 2020. Defining the key attributes of resilience in mixed ration dairy systems. *Animal Production Science*. 60(1):17-25.

10. Barberg, A. E.; Endres, M. I.; Jann, K. A. 2007. Compost dairy barns in Minnesota: a descriptive study. *Applied Engineering in Agriculture*. 23(2):231-238.
11. Bargo, F.; Muller, L. D.; Delahoy, J. E. 2002. Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pastures and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*. 85(11):2948-2963.
12. Bauman, D. E.; Currie, W. B. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal of Dairy Science*. 63(9):1514-1529.
13. Bertola, L.; Melitón, G.; Olivera, N. 2014. Efecto de la fuente de carbohidratos ofrecida en el parto sobre el consumo de nutrientes y la concentración plasmática de glucosa y urea en vacas lecheras. Tesis Dr. en Ciencias Veterinarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 34 p.
14. Black, R. A.; Taraba, J. L.; Day, G. B.; Damasceno, F. A.; Bewley, J. M. 2013. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. *Journal of Dairy Science*. 96(12):8060-8074.
15. Butler, W. R.; Smith, R. D. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 72(3):767-783.
16. Chacón, E.; Stobbs, T. H.; Dale, M. 1978. Influence of sward characteristics on grazing behavior and growth of Hereford steers grazing tropical grass pastures. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29(1):89-102.
17. _____. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science*. 60-61:449-457.
18. Chesworth, J. M.; Stuchbury, T.; Scaife, J. R. 1998. *An Introduction to Agriculture Biochemistry: lactation and its manipulation*. Dordrecht, The Netherlands, Springer. 512 p.
19. Chilliard, Y. 1999. Metabolic adaptations and nutrient partitioning in the lactating animal. In: Martinet, J.; Houdebine, L. M.; Head, H. H. eds. *Biology of Lactation*. Paris, France, INRA. pp. 503-552.
20. Chilibraste, P.; Tamminga, S.; Van Bruchem, J.; Van der Togt, P. L. 1998a. Effect of allowed grazing time, inert rumen bulk and length of starvation

before grazing on the weight, composition and fermentative end- products of the rumen contents of lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*. 53(2):146-156.

21. _____. 1998b. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo: I. Predicción del consumo. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (26as.,1998, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 1-7.
22. _____.; Mattiauda, D.; Favre, E.; Elizondo, F.; Bruni, M. D. L. A. 2001. Explotación del potencial animal en sistemas lecheros: el caso de la parición de otoño. (en línea). *Cangüé*. no. 21:6-10. Consultado 11 oct. 2019. Disponible en http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/Cangue_21/6-10.pdf
23. _____. 2002. Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño – invernal. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (30as., 2002, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Bayer. pp. 90- 96.
24. _____.; Soca, P.; Mattiauda, D. A.; Bentancur, O.; Robinson, P. H. 2007. Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 47(9):1075- 1084.
25. _____.; _____.; Bentancur, O.; Mattiauda, D. A. 2010. Estudio de la conducta en pastoreo de vacas Holando de alta producción: síntesis de 10 años de investigación sobre la relación planta animal suplemento en la Facultad de Agronomía. EEMAC. *Agrociencia (Uruguay)*. 14(3):101-106.
26. _____.; Mattiauda, D. A.; Bentancur, O.; Soca, P.; Meikle, A. 2012. Effect of herbage allowance on grazing behavior and productive performance of early lactation primiparous Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology*. 173(3-4):201- 209.
27. _____.; Gill, 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(3):328- 338.
28. Conte, G.; Serra, A.; Mele, M. 2017. Dairy cow breeding on the milk fatty acid pattern. (en línea). London, Academic Press. 41 p. Consultado 28 may. 2020. Disponible en

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128097625000024>

29. Cony, P.; Casagrande, G. A.; Vergara, G. T. 2004. Cuantificación de un índice de estrés calórico para vacas lecheras en Anguil, provincia de La Pampa (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Pampa*. 5(1-2):9-15.
30. Corea, E. E.; Alvarado, J. F.; Leyton, L. V. 2008. Efecto del cambio en la condición corporal, raza y número de partos en el desempeño reproductivo de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*. 19(2):251-259.
31. 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.
32. Davidson, T.; Mc Gowan, M.; Mayer, D.; Young, B.; Jonsson, N.; Hall, A.; Matschoss, A.; Godwin, P.; Gaughan, J.; Lake, M. 1996. Managing hot cows in Australia. Brisbane, AU, Queensland Department of Primary Industry. 58 p.
33. Davyt, D.; Talamón, D.; Villanueva, A. 2017. Efecto de la estrategia de alimentación sobre el gasto energético en vacas lecheras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 57 p.
34. Dohme-Meier, F.; Kaufmann, L. D.; Görs, S. 2014. Comparison of energy expenditure, eating pattern and physical activity of grazing and zero grazing dairy cows at different time points during lactation. *Livestock Science*. 162:86-96.
35. Drackley, J. K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *Journal of Dairy Science*. 82(11):2259-2273.
36. Dutour, E. J.; Melucci, L. M.; Winzer, N. R.; Casanovas, D.; Andere, C.; Rodriguez, E. 2010. Comportamiento reproductivo de vacas Holando Argentino bajo dos situaciones productivas. *Revista Argentina de Producción Animal*. 30(1):23-29.
37. 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.

38. Eirin, M. A. 2013. Efectos del momento de asignación diaria de la pastura y del ayuno sobre el comportamiento ingestivo y la productividad de vaquillonas de biotipo carnícano. Tesis Mag. Scientiae. La Plata, Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 88 p.
39. Fajardo, M. 2013. Integración de pastura y dietas totalmente mezcladas en la alimentación de vacas Holando a inicio de lactancia. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 55 p.
40. _____; Mattiauda, D. A.; Motta, G.; Genro, T. C.; Meikle, A.; Carriquiry, M.; Chilbroste, P. 2015. Use of mixed rations with different access time to pastureland on productive responses of early lactation Holstein cows. *Livestock Science*. 181:51-57.
41. Farningham, D. A.; Whyte, C. C. 1993. The role of propionate and acetate in the control of food intake in sheep. *The British Journal of Nutrition*. 70(1):37-46.
42. Forbes, D. D. A.; Coleman, S. W. 1987. Herbage intake and ingestive behavior of grazing cattle as influenced by variation in sward characteristics. In: Special Session Grazingland Research at the Plant- Animal Interface (1987, Lexington, KY) Proceedings. Morrilton, AR, Windrock International. pp. 141-152.
43. García, S. C.; Fulkerson, W. J. 2005. Opportunities for future Australian dairy systems. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 45(9):1041-1055.
44. Gibb, M. J.; Hunckle, C. A.; Nuthall, R. 1998. Effect of time of day on grazing behavior by lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*. 53(1):41-46.
45. Grainger, C.; Auldist, M. J.; O'Brien, G.; Macmillan, K. L.; Culley, C. 2009. Effect of type of diet and energy intake on milk production of Holstein-Friesian cows with extended lactations. *Journal of Dairy Science*. 92(4):1479-1492.
46. Gregorini, P. 2012. Diurnal grazing pattern: its physiological basis and strategic management. *Animal Production Science*. 52(6-7):416-430.

47. Griggs, T. C.; MacAdam, J. W.; Mayland, H. F.; Burns, J. C. 2005. Nonstructural carbohydrate and digestibility patterns in orchardgrass swards during daily defoliation sequences initiated in evening and morning. *Crop Science*. 45(4):1295-1304.
48. Hodgson, J.; Forbes, T. D. A.; Armstrong, R. H.; Beattie, M. M.; Hunter, E. A. 1991. Comparative studies of the ingestive behavior and herbage intake of sheep and cattle grazing indigenous hill plant communities. *Journal of Applied Ecology*. 28(1):205-227.
49. Ingvarsen, K. L.; Andersen, J. B. 2000. Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. *Journal of Dairy Science*. 83(7):1573-1597.
50. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agro-clima y Sistema de Información, UY). 2019. Banco de datos agroclimáticos: Paysandú. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 06 dic. 2019. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
51. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). 2020a. Estadísticas climatológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 12 feb. 2020. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
52. _____. 2020b. Previsión ITH lechería. (en línea). Paysandú. s.p. Consultado 15 may. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Alertas-y-herramientas/Prevision-ITH-Vacunos/Prevision-ITH-lecheria>
53. 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 Holstein to various temperature- humidity conditions. *Journal of Dairy Science*. 44:1191-1123.
54. Kolver, E. S.; Muller L. D. 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 81(5):1403-1411.
55. _____. 2003. Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proceedings of the Nutrition Society*. 62(2):291-300.

56. Laca, E. A.; Ungar, E. D.; Demment, M. W. 1994. Mechanisms of handling time and intake rate of a large mammalian grazer. *Applied Animal Behaviour Science*. 39:13-19.
57. 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.
58. Lammers, B. P.; Heinrichs, J. A.; Ishler, V. 2016. Use of total mixed rations (TMR) for dairy cows: a review. *Dairy & Animal Science*. 94 (supl. 25): s.p.
59. Mattiauda, D. A.; Tamminga, S.; Gibb, M. J. 2012. Restricting access time at pasture and time of grazing allocation for Holstein dairy cows: ingestive behaviour, dry matter intake and milk production. *Livestock Science*. 152: 53-62.
60. Meikle, A.; Cavestany, D.; Blanc, J.; Krall, E.; Uriarte, G.; Rodríguez-Iraozqui, M.; Rupprechter, G.; Ferraris, A.; Chilibraste, P. 2005. Perfiles metabólicos y endócrinos, parámetros productivos y reproductivos en vacas de leche en condiciones pastoriles. *Veterinaria: órgano oficial de la Sociedad de Medicina Veterinaria del Uruguay*. 40(159):25- 40.
61. _____.; _____.; Carriquiry, M.; Adrien, M. D. L.; Artegoitia, V.; Pereira, I.; Rupprechter, G.; Pessina, P.; Rama, G.; Fernández, A.; Breijo, M.; Laborde, D.; Pritsch, O.; Ramos, J. M.; de Torres, E.; Nicolini, P.; Mendoza, A.; Dutour, J.; Fajardo, M.; Astessiano, A. L.; Olazábal, L.; Mattiauda, D.; Chilibraste, P. 2013. Avances en el conocimiento de la vaca lechera durante el período de transición en Uruguay: un enfoque multidisciplinario. *Agrociencia (Uruguay)*. 17(1):141-152.
62. Mejía Haro, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta Universitaria*. 12(3):56-63.
63. Mendonça, H.; Apezteguia, E.; Crestanii, S.; Maciel, K.; Mantovani, C.; Valenti, J. 2011. Relationship between diurnal grazing time and herbage intake in dairy cows in rotational grazing. *Ciência Rural*. 41(11): 2010-2013.
64. Mendoza, A.; Cavestany, D.; La Manna, A.; Chilibraste, P.; Meikle, A. 2011. Estrategias de alimentación energética para acortar el anestro posparto de vacas lecheras a pastoreo. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 19(3-4):42-45.

65. Mills, J. A. N.; France, J.; Dijkstra, J. 1999. A review of starch digestion in the lactating dairy cow and proposals for a mechanistic model: dietary starch characterisation and ruminal starch digestion. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 8(3):291-340.
66. NRC (National Research Council. Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, US). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th. ed. rev. Washington, D. C., National Academy Press. 381 p. (Nutrient requirements of domestic animals).
67. Ortiz, M. 2009. Conducta de alimentación en vacas lecheras de transición post parto. Tesis Méd. Vet. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 56 p.
68. Padula, G. D.; Rovira, R. 1999. Efecto de la suplementación con um estimulante comercial de la fisiología digestiva ruminal (BOSPRO) y de la sombra sobre rendimiento de leche y sólidos con valor comercial, el recuento de células somáticas y la variación de peso vivo, condición corporal en vacas lecheras en el último tercio de la lactancia. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 80 p.
69. Patton, J.; Olmos, G.; Murphy, J. J. 2008. Comparison of total mixed ration and pasture feeding systems for early lactation dairy cows. (en línea). In: Agricultural Research Forum (2008, Offaly, Irland). Proceedings. Tullamore, Agricultural Research Forum. s.p. Consultado 12 feb. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/293125435_Comparison_of_total_mixed_ration_and_pasture_feeding_systems_for_early_lactation_dairy_cows/link/56b9c8f108ae7e3a0fa0886c/download
70. Pedernera, C.; Xercavins, A.; Varvaró, A.; Blanco-Penedo, I. 2014. Manejo de la cama caliente y el sistema alternativo de compost para un mejor bienestar animal del ganado vacuno de leche. *Afriga*. 20(113):58-64.
71. Phillips, C. J. C.; Leaver, J. D. 1986. The effect of forage supplementation on the behavior of grazing dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*. 16(3):233-247.
72. Provenza, F. D. 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *Journal of Range Management*. 48:2-17.

73. Rhodes, F.; McDougall S.; Burke, C.; Verkerk, G. A.; Macmillan, K. L. 2003. Invited review: treatment of cows with an extended postpartum anestrous interval. *Journal of Dairy Science* 86(6):1876-1894.
74. Roche, J. R.; Friggens, C.; Kay, J. K.; Fisher, W.; Stafford, K. J.; Berry D. P. 2009. Invited review: body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*. 92(12):5769-5801.
75. Soriano, F. D.; Polan, C. E.; Miller, C. N. 2001. Supplementing pasture to lactating Holstein fed a total mixed ration diet. *Journal of Dairy Science*. 84(11):2460-2468.
76. 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*. 52:31-38.
77. Taweel, H. Z.; Tas, B. M.; Dijkstra, J.; Tamminga, S. 2004. Intake regulation and grazing behavior of dairy cows under continuous stocking. *Journal of Dairy Science*. 87(10): 3417-3427.
78. Valtorta, S. 2003. Manejo del estrés térmico y composición de la leche. In: *Mercoláctea* (2003, Córdoba). Memorias. Rafaela, INTA. pp. 1-7.
79. Wattiaux, M. A. 2014. Grados de condición corporal. *Esenciales lecheras: reproducción y selección genética (en línea)*. Madison, Instituto Babcock. 4 p. Consultado 15 may. 2020. Disponible en <https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2014/11/grados-de-condicion-corporal.pdf>
80. _____.; Armentano, L. E. 2015a. Metabolismo de carbohidratos en vacas lecheras. *Esenciales lecheras: reproducción y selección genética (en línea)*. Madison, Instituto Babcock. 4 p. Consultado 15 may. 2020. Disponible en <https://ganaderiasos.files.wordpress.com/2015/03/metabolismo-de-carbohidratos-en-vacas-lecheras.pdf>
81. _____.; Grummer, R. R. 2015b. Metabolismo de lípidos en vacas lecheras. *Esenciales lecheras: reproducción y selección genética (en línea)*. Madison, Instituto Babcock. 4 p. Consultado 14 may. 2020. Disponible en <https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2015/03/metabolismo-de-lipidos-en-las-vacas-lecheras.pdf>

82. _____. 2018. Metabolismo de proteínas en vacas lecheras. Esenciales lecheras: reproducción y selección genética (en línea). Madison, Instituto Babcock. 4 p. Consultado 15 may. 2020. Disponible en <https://lebascom.files.wordpress.com/2018/02/5-metabolismo-de-proteinas-en-las-vacas-lecheras.pdf>
83. Wiktorsson, H. 1983. Plano general de nutrición para vacas lecheras. In: Broster, W. H.; Swan, H. eds. Estrategia de alimentación para vacas lecheras de alta producción. México, AGT. pp. 109-125.

10. ANEXOS

Anexo No. 1. Requerimientos de energía neta total expresados en Mcal/d promedio según semana de lactación

SL	Requerimientos EN (Mcal/d)		
	Tratamientos		
	AC-DTM	AC-DPM	BC-DPM
1	40,54	32,37	28,71
2	44,93	33,31	31,56
3	39,75	32,24	35,75
4	42,28	34,86	35,91
5	43,36	40,15	35,73
6	40,31	40,70	38,20
7	47,43	36,78	40,70
8	45,43	37,67	35,99
9	43,79	36,97	38,27
10	42,21	35,54	36,34
11	41,27	33,41	34,02
12	40,94	32,22	34,38

Anexo No. 2. Producción de leche, promedio de ITH y días con ITH por encima del umbral

SL	Días con ITH >68	Promedio ITH	Tratamientos		
			AC-DTM	AC-DPM	BC-DPM
1	3	68,6	^B 35,7 ^a	^D 27,1 ^b	^D 23,7 ^b
2	0	61,3	^B 36,6 ^a	^D 27,5 ^b	^D 24,8 ^b
3	6	71,6	^B 38,3 ^a	^{CD} 30,5 ^b	^{BC} 31,6 ^b
4	1	64,2	^B 39,7 ^a	^C 32,6 ^b	^{AB} 33,2 ^b
5	0	62,4	^A 43,1 ^a	^B 35,4 ^b	^{AB} 34,6 ^b
6	2	62,6	^A 43,3 ^a	^A 39,2 ^b	^{AB} 35,2 ^c
7	0	61,4	^A 43,8 ^a	^B 33,2 ^b	^{BC} 34,1 ^b
8	1	64,1	^A 46,3 ^a	^B 35,4 ^b	^{AB} 35,5 ^b
9	0	57,8	^A 46,9 ^a	^A 36,6 ^b	^A 37,4 ^b
10	0	62,2	^A 43,5 ^a	^B 34,7 ^b	^A 35,1 ^b
11	0	55,8	^A 43,3 ^a	^B 33,6 ^b	^{AB} 34,8 ^b
12	0	61,3	^A 44,9 ^a	^C 30,3 ^c	^{BC} 35,0 ^b

^{a,b,c} letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas ($p < 0,05$). ^{A, B, C} letras indican diferencias estadísticas dentro del tratamiento ($p < 0,05$). ^{ABC}: refieren a las diferencias significativas en cuanto a producción de leche dentro de cada tratamiento.

Anexo No. 3. Concentración de grasa en leche según SL e ITH

SL	Días con ITH >68	Promedio ITH	Grasa (%)		
			AC- DTM	AC- DPM	BC-DPM
1	3	68,6	A 4,0 ^a	A 4,5 ^a	A 4,3 ^a
2	0	61,3	A 4,5 ^a	A 4,6 ^a	A 4,4 ^a
3	6	71,6	A 4,2 ^a	A 4,3 ^a	A 4,4 ^a
4	1	64,2	A 4,0 ^a	A 4,0 ^a	A 4,3 ^a
5	0	62,4	A 4,1 ^a	AB 4,5 ^a	AB 3,7 ^a
6	2	62,6	A 4,2 ^a	C 4,0 ^a	AB 3,9 ^a
7	0	61,4	AB 3,6 ^a	C 4,0 ^a	AB 3,8 ^a
8	1	64,1	AB 4,0 ^a	C 4,1 ^a	BC 3,6 ^a
9	0	57,8	AB 3,9 ^a	CD 3,8 ^a	BC 3,6 ^a
10	0	62,2	AB 3,6 ^a	DE 3,6 ^a	AB C 3,7 ^a
11	0	55,8	AB 3,5 ^a	DE 3,7 ^a	B C 3,3 ^a

A, B, C: letras diferentes en la misma columna, representan diferencias significativas dentro de cada tratamiento ($P \leq 0.05$). ^{a,b,c}: letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos.

Anexo No. 4. Concentración de proteína en leche según SL e ITH

SL	Días con ITH >68	Promedio ITH	Proteína (%)		
			AC- DTM	AC- DPM	BC-DPM
1	3	68,6	A 4,2 ^b	A 4,3 ^{ab}	A 4,7 ^a
2	0	61,3	B 3,9 ^a	B 3,9 ^a	B 4,0 ^a
3	6	71,6	C 3,5 ^a	C 3,3 ^a	C 3,4 ^a
4	1	64,2	C 3,5 ^a	C 3,4 ^a	C 3,5 ^a
5	0	62,4	C 3,4 ^a	C 3,4 ^a	C 3,4 ^a
6	2	62,6	D 3,3 ^a	C 3,3 ^a	C 3,4 ^a
7	0	61,4	CD 3,3 ^a	C 3,3 ^a	C 3,3 ^a
8	1	64,1	CD 3,3 ^a	CD 3,2 ^a	CD 3,2 ^a
9	0	57,8	CD 3,3 ^a	CDE 3,3 ^a	CDE 3,4 ^a
10	0	62,2	CD 3,3 ^a	CD 3,2 ^a	CDE 3,3 ^a
11	0	55,8	CD 3,3 ^a	DE 3,1 ^{ab}	CDEF 3,2 ^a

A, B, C: letras diferentes en la misma columna, representan diferencias significativas dentro de cada tratamiento ($P \leq 0.05$). ^{a,b,c}: letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos.

Anexo No. 5. Concentración de lactosa en leche según SL e ITH

SL	Días con ITH >68	Promedio ITH	Lactosa (%)		
			AC- DTM	AC- DPM	BC-DPM
1	3	68,6	^B 4,8 ^a	^B 4,7 ^a	^A 5,0 ^a
2	0	61,3	^A 4,9 ^a	^{AB} 4,8 ^a	^B 4,7 ^{ab}
3	6	71,6	^A 5,0 ^a	^{AB} 4,7 ^{ab}	^{AB} 4,8 ^a
4	1	64,2	^{AB} 5,0 ^a	^{AB} 4,8 ^{ab}	^A 4,9 ^a
5	0	62,4	^A 5,0 ^a	^A 4,9 ^a	^A 5,0 ^a
6	2	62,6	^{AB} 5,0 ^a	^A 5,0 ^a	^A 5,0 ^a
7	0	61,4	^A 5,1 ^a	^A 5,0 ^a	^A 5,0 ^a
8	1	64,1	^A 5,1 ^a	^A 4,9 ^{ab}	^A 5,0 ^a
9	0	57,8	^A 5,0 ^a	^A 5,0 ^a	^A 5,0 ^a
10	0	62,2	^A 5,1 ^a	^A 5,0 ^b	^A 4,9 ^b
11	0	55,8	^{AB} 5,0 ^a	^{AB} 4,8 ^{ab}	^A 4,9 ^a

A, B, C: letras diferentes en la misma columna, representan diferencias significativas dentro de cada tratamiento ($P \leq 0.05$). ^{a,b,c}: letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos.