

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DEL USO DE SISTEMA DE CAMA CALIENTE EN EL  
CONSUMO Y PERFORMANCE PRODUCTIVA PARA VACAS LECHERAS EN  
LACTANCIA MEDIA**

**por**

**Ignacio BIDE BALBIS  
Martín GARCÍA PINTOS CHILINCHABIDE  
Guillermo PÉREZ BRAGA**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2021**

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing. Agr. PhD. Pablo Chilibroste

-----  
Zoot. MSc. Gabriel Menegazzi

-----  
DCV. MSc. Maria Noel Méndez

Fecha: 03 de junio de 2021.

Autores:

-----  
Ignacio Bide Balbis

-----  
Martín García Pintos Chilinchabide

-----  
Guillermo Pérez Braga

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a nuestro tutor de tesis Ing.Agr. PhD. Pablo Chilibroste por ayudarnos en la realización de este trabajo de tesis, aportando sus conocimientos.

Agradecer también a nuestros amigos que nos apoyaron durante la carrera. A Maria Noel, Lourdes, Graciana, Victoria, Luis, Joaquín, Andrés, Matías, Gabriel, Cecilia, Manzi, Poto, Leo, Panduli y Tanicho que nos ayudaron mucho en la etapa de campo de este trabajo.

Por último, un especial agradecimiento a nuestras familias, que sin su apoyo moral y emocional durante toda la carrera no hubiera sido posible lograr esto.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 <u>Objetivos generales</u> .....	2
1.1.2 <u>Objetivos específicos</u> .....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	4
2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN URUGUAY.....	4
2.2 ASPECTOS DEL CONSUMO EN PASTOREO.....	5
2.2.1 <u>Factores relacionados al animal</u> .....	5
2.2.2 <u>Factores relacionados a la alimentación</u> .....	6
2.2.2.1 Factores que determinan el consumo en pastura .....	6
2.2.3 <u>Factores relacionados al entorno productivo</u> .....	10
2.3 LIMITANTES DE LOS SISTEMAS CON BASE PASTORIL EN URUGUAY .....	10
2.4 ASPECTOS DEL CONSUMO EN ENCIERRO .....	11
2.4.1 <u>Cama caliente</u> .....	13
2.5 PRODUCCIÓN DE LECHE.....	14
2.6 COMPOSICIÓN DE LA LECHE .....	15
2.6.1 <u>Proteína, grasa y lactosa</u> .....	15
2.7 CONDICIÓN CORPORAL .....	17
2.8 PESO VIVO .....	18
2.9 CLIMA.....	19
2.9.1 <u>Precipitaciones</u> .....	19
2.9.2 <u>Temperatura</u> .....	19
2.10 HIPÓTESIS .....	19

3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	20
3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL .....	20
3.2 SUELOS .....	20
3.3 ANIMALES .....	20
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	20
3.5 TRATAMIENTOS .....	21
3.5.1 <u>Alto control ambiente – dieta totalmente mezclada – rojo=</u> <u>“ACA-DTM”</u> .....	21
3.5.2 <u>Alto control ambiente – dieta parcialmente mezclada – azul=</u> <u>“ACA-DPM”</u> .....	21
3.5.3 <u>Bajo control del ambiente – dieta parcialmente mezclada</u> <u>– verde= “BCA- DPM”</u> .....	21
3.6 INSTALACIONES.....	21
3.7 ALIMENTACIÓN .....	22
3.7.1 <u>Alimentación en pasturas</u> .....	22
3.7.2 <u>Alimentación en encierro</u> .....	23
3.8 MANEJO .....	23
3.8.1 <u>Manejo en el pastoreo</u> .....	23
3.8.1.1 Tratamiento BCA-DPM .....	23
3.8.1.2 Tratamiento ACA-DPM .....	23
3.8.1.3 Tratamiento ACA-DTM .....	23
3.9 DETERMINACIONES .....	24
3.9.1 <u>En la pastura</u> .....	24
3.9.1.1 Ajuste de suplementación.....	25
3.9.1.2 Rechazo de forraje.....	25
3.9.2 <u>En los alimentos</u> .....	25
3.9.3 <u>En los animales</u> .....	26
3.9.3.1 Peso vivo y condición corporal .....	26
3.9.3.2 Producción individual de leche .....	26
3.9.3.3 Composición de leche.....	26

3.9.3.4 Consumo de ración totalmente mezclada.....	26
3.9.3.5 Consumo de pastura .....	26
3.9.3.6 Consumo de materia seca total .....	27
3.9.3.7 Comportamiento en pastoreo .....	27
3.9.3.8 Comportamiento en encierro .....	27
3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	28
4. <u>RESULTADOS</u> .....	29
4.1 ALIMENTACIÓN .....	29
4.2 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN .....	31
4.3 COMPORTAMIENTO .....	34
4.3.1 <u>Comportamiento en pastoreo</u> .....	34
4.3.2 <u>Comportamiento en encierro</u> .....	38
4.4 INDICADORES .....	40
4.4.1 <u>Peso vivo y condición corporal</u> .....	40
4.5 CLIMA.....	42
5. <u>DISCUSIÓN</u> .....	44
5.1 PRODUCCIÓN DE LECHE .....	44
5.2 COMPOSICIÓN .....	44
5.3 COMPORTAMIENTO EN PASTOREO.....	45
5.4 COMPORTAMIENTO EN ENCIERRO.....	46
5.5 CONDICIÓN CORPORAL .....	46
5.6 PESO VIVO .....	47
5.7 CLIMA.....	47
5.8 CAMA CALIENTE EN LA REALIDAD PRODUCTIVA DEL URUGUAY .....	48
6. <u>CONCLUSIONES</u> .....	50
7. <u>RESUMEN</u> .....	51
8. <u>SUMMARY</u> .....	52

9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	53
10. <u>ANEXOS</u> .....	60

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Impacto sobre el consumo, producción y composición de leche de sistemas de alimentación que combinan el suministro de raciones totalmente mezcladas y pasturas .....	17
2. Potrero pastoreado por semana .....	22
3. Composición de la ración totalmente mezclada por semana .....	29
4. Componentes promedio de la dieta para cada tratamiento .....	30
5. Composición química promedio de la TMR .....	30
6. Consumo y requerimientos promedio en todo el período de trabajo para los distintos tratamientos. ....	31
7. Resumen de actividades promedio para cada tratamiento en los distintos días.....	38
8. Producciones promedio para los tratamientos azul y verde, 4, 5 y 6 días posteriores a una lluvia igual o mayor a 10 mm.....	43
Figura No.	
1. Factores que determinan el consumo.....	7
2. Rutina del rodeo según tratamiento .....	24
3. Evolución semanal de producción de leche para cada tratamiento .....	32
4. Evolución semanal de porcentaje de grasa para cada tratamiento.....	32
5. Evolución semanal de porcentaje de proteína para cada tratamiento .....	33
6. Evolución semanal de porcentaje de lactosa para cada tratamiento .....	33
7. Comportamiento en pastoreo para el tratamiento verde.....	34



8. Proporción de vacas pastoreando para los distintos días para el tratamiento verde .....	35
9. Comportamiento en pastoreo para el tratamiento azul .....	36
10. Proporción de vacas pastoreando para los distintos días para el tratamiento azul .....	37
11. Comportamiento promedio en encierro para el tratamiento rojo .....	39
12. Comportamiento promedio en encierro para el tratamiento verde .....	39
13. Comportamiento promedio en encierro para el tratamiento azul .....	40
14. Evolución de la condición corporal promedio para cada tratamiento .....	41
15. Evolución del peso vivo promedio para cada tratamiento .....	41

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años, los sistemas lecheros han experimentado una intensificación en su producción. Según datos del MGAP. DIEA (2019), en 2000/2001, la cantidad de leche remitida a planta era de 1137 millones de litros, mientras que en el 2017/2018 este valor ascendió a 2174 millones de litros, lo que significó un aumento del entorno del 90%. Este aumento no fue acompañado por un incremento en superficie, sino que sucedió lo contrario, pasando de 1 millón de hectáreas en 2000/2001 a 754 mil hectáreas en 2017/2018. Este incremento se dio gracias a un aumento en la producción individual, ya que la producción anual por vaca masa pasó de 3220 en 2000/2001 a 5029 en 2017/2018, además de un aumento en la carga animal.

La lechería en Uruguay es una cadena netamente exportadora, por ende, los sistemas de producción deben ser competitivos internacionalmente, teniendo así modelos productivos de bajo costo. Estos dos puntos muestran el desafío que tiene por delante este rubro en el Uruguay, ya que se debe seguir la ruta de la intensificación, pero sin descuidar los costos para seguir siendo competitivos con los demás países exportadores de lácteos.

Los sistemas lecheros en Uruguay son mayoritariamente basados en dietas pastoriles, compuestas por gramíneas, leguminosas, mezcla de ambas o verdes. La variación en la disponibilidad de forraje durante el año es algo que caracteriza a Uruguay, por lo que en los períodos donde esta es baja, se utiliza la suplementación con concentrado y reserva de forraje, como recurso para suplir las necesidades energéticas.

El aumento de carga que se ha dado en los tambos comerciales en Uruguay, como estrategia de intensificación de los sistemas, ha llevado a la necesidad de aumentar la suplementación con reservas y/o concentrados en los animales para poder mantener o aumentar la oferta de alimentos para cada animal. Ésta práctica incluye diversas estrategias de suplementación, que dependen también del nivel de intensificación del sistema, desde el sólo suministro de concentrado en la sala, la oferta de henilaje en potreros de descanso, suministro de concentrado y reservas por separado, hasta niveles de intensificación mayores donde se le suministra una ración total mezclada (TMR) que está compuesta principalmente por concentrado y reservas, permitiendo mayores niveles de consumo y producción. El uso de la ración totalmente mezclada es explicado porque cuando se suministran grandes cantidades de concentrado puede generar problemas en el ambiente ruminal, y por tanto se debe incluir alimentos voluminosos (reservas) para que esto no suceda.

Al igual que con la suplementación, el consumo de pasto es muy variado, en donde hay sistemas los cuales el pasto es el alimento en mayor proporción en la dieta, pasando por sistemas en donde combinan la cosecha directa de pasto con TMR, es decir que su dieta es parcialmente mezclada (DPM), hasta sistemas en donde los animales se alimentan únicamente con TMR, es decir que su dieta es totalmente mezclada (DTM). Además existen diversas combinaciones de consumo de pastura, concentrado y reservas, lo cual caracteriza a la lechería uruguaya.

En sistemas con alto nivel de intensificación, en donde la ración total mezclada pasa a ser gran parte de la dieta, se necesita un lugar específico de encierro en donde se suministre la TMR y después los animales puedan permanecer allí y realizar otras actividades como descanso, rumia, etc., ya que se sustituye, en mayor o menor medida, el pastoreo directo. Estos lugares de encierro en Uruguay son muy diversos, siendo mayormente a cielo abierto con bajo control del ambiente, el cual expone a los animales a las variaciones en el ambiente (explicadas principalmente por razones climáticas), por lo que pueden ser factores que afecten la performance animal, convirtiéndose en una limitante para los sistemas intensivos. Una alternativa que surge como opción para minimizar estos problemas es el sistema de cama caliente con alto control del ambiente.

Es por eso que este trabajo está orientado a comparar tres tipos de sistemas: sistema semi-estabulado en cama caliente con alto control del ambiente y dieta parcialmente mezclada, sistema semi-estabulado a cielo abierto con bajo control del ambiente y dieta parcialmente mezclada, y sistema estabulado en cama caliente con alto control del ambiente y dieta totalmente mezclada.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivos generales

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

### 1.1.2 Objetivos específicos

Estudiar el efecto de las diferentes estrategias de alimentación: Dieta Totalmente Mezclada (DTM) vs. Dieta Parcialmente Mezclada (DPM) y de control del ambiente (encierro a cielo abierto vs. encierro con cama caliente),

sobre el comportamiento, consumo y performance productiva (producción y composición) de los animales.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN URUGUAY

Gran parte de la producción lechera en Uruguay se ha basado tradicionalmente en el pastoreo de forrajes templados ya que en estas latitudes representan una alternativa de relativo bajo costo y poseen un alto valor nutritivo, lo que permite sostener niveles de producción moderados (Cajarville et al., 2012).

Kolver (2003) caracterizó a los sistemas pastoriles por ser económicamente ventajosos, debido a los bajos costos de la pastura, comparados con los sistemas basados en la alimentación con concentrados y forraje. Del mismo modo, mencionó las limitantes de los sistemas 100% pastoriles, los cuales presentan dificultad para asegurar una oferta de alimentos en calidad y cantidad a lo largo del año. Esto se ve reflejado en vacas de alta producción, en las que el consumo de materia seca es la principal restricción para maximizar la producción de leche, adaptándose así a sistemas que utilizan genotipos de tamaño medio.

Chilibroste et al. (2015) afirman que la producción de leche en Uruguay ha crecido a una tasa del 5% anual, explicado mayormente por el aumento en productividad (litros por hectárea), ya que la superficie lechera se redujo en el entorno del 20%. También explican que el aumento en la productividad fue dado por un aumento en el uso de concentrados y reservas de forraje, mientras que la cosecha directa se mantuvo sin cambios significativos. Por otra parte, Chilibroste y Battegazzore (2019) muestran los resultados obtenidos en el proyecto de Producción Competitiva desde el 2013 al 2018. Este proyecto consiste en la recolección de datos de establecimientos lecheros comerciales, con el fin de caracterizar y ver la evolución de los sistemas lecheros en Uruguay. En esta publicación, la producción individual promedio (litros por vaca en ordeño por día) se situó en el entorno de los 19 litros/VO/día, con una alimentación compuesta por 9,5 KgMS/día de pastura (57%), 3,1 KgMS/día de reserva (18%) y 4,2 KgMS/día de concentrado (25%). Si bien en todos los niveles de producción los que tuvieron menor costo por litro de leche fueron los que consumieron más pasto, los sistemas más productivos (601-800 Kg de sólidos por hectárea) fueron aquellos que utilizaron más reservas y más concentrado (18% y 24%, respectivamente) y el 58% de su dieta fue la cosecha directa de pasto; y los menos productivos (200 a 400 Kg de sólidos por hectárea) tuvieron una dieta compuesta por 65% de pasturas, 15% de reservas y 20% de concentrado. Además, en este trabajo se pudo evidenciar que existe una relación lineal entre el consumo de forraje (pasturas + reservas) y la carga, en donde los sistemas que tuvieron mayor carga el consumo de forraje fue

mayor, y los predios en donde la carga fue menor, el consumo de forraje fue significativamente menos.

Eastridge (2006) plantea que la capacidad de consumo de los animales no ha aumentado en forma proporcional al aumento de la producción de leche, por lo que para poder hacer frente a los mayores requerimientos de nutrientes es que ha sido necesario incrementar la concentración de estos en la dieta, particularmente, la energía.

## 2.2 ASPECTOS DEL CONSUMO EN PASTOREO

Gibb et al. (1997), afirman que el consumo en pastoreo está dado por tres sesiones de pastoreos bien marcadas. Además, Orr et al. (2001) explican que las vacas que ingresan a la pastura por la tarde destinan mayor proporción del tiempo al pastoreo. En este sentido, Cajarville et al. (2015) reportaron mayor concentración de carbohidratos solubles y mayor fermentación en pastoreos de alfalfa por la tarde, lo que explica ese mayor consumo vespertino.

Según Delagarde y O'Donovan (2005), los factores que afectan la ingestión en pastoreo se pueden agrupar en cinco categorías, las cuales son factores relacionados al animal, a la pastura, al manejo de dicha pastura, al tipo de suplemento suministrado y, por último, factores relacionados al clima.

### 2.2.1 Factores relacionados al animal

Chilibroste (1998), indica que la raza, el sexo, el genotipo, el peso vivo, etapa de crecimiento, edad, producción de leche, etapa de lactancia, preñez, historia nutricional, condición corporal y enfermedades son los factores inherentes al animal, que afectan el consumo voluntario de materia seca, ya que con la variación de alguno de estos factores cambian los requerimientos energéticos de la vaca.

Otro aspecto importante a resaltar es la interacción entre vacas, que también afecta el consumo. En este sentido, Paranhos da Costa y Costa-e-Silva (2007), afirman que los bovinos se organizan en grupos, y dependiendo de esos patrones de organización es cómo se comportan dichos grupos. Estos autores argumentan que existen interacciones de dominancia entre animales cuando compiten por ciertos recursos, pero también suceden interacciones de liderazgo, en donde la mayoría de las vacas se comportan igual al mismo tiempo, y dónde también se puede ver cuando un animal inicia una actividad y es seguido por otros animales.

### 2.2.2 Factores relacionados a la alimentación

Chilibroste (1998) menciona que la especie forrajera, la composición de la dieta, la composición química, la digestibilidad, cinética de degradación, cinética de pasaje, forma física, forma de conservación y calidad de fermentación del suplemento, contenido de materia seca, palatabilidad y contenido de grasa son los factores inherentes al alimento.

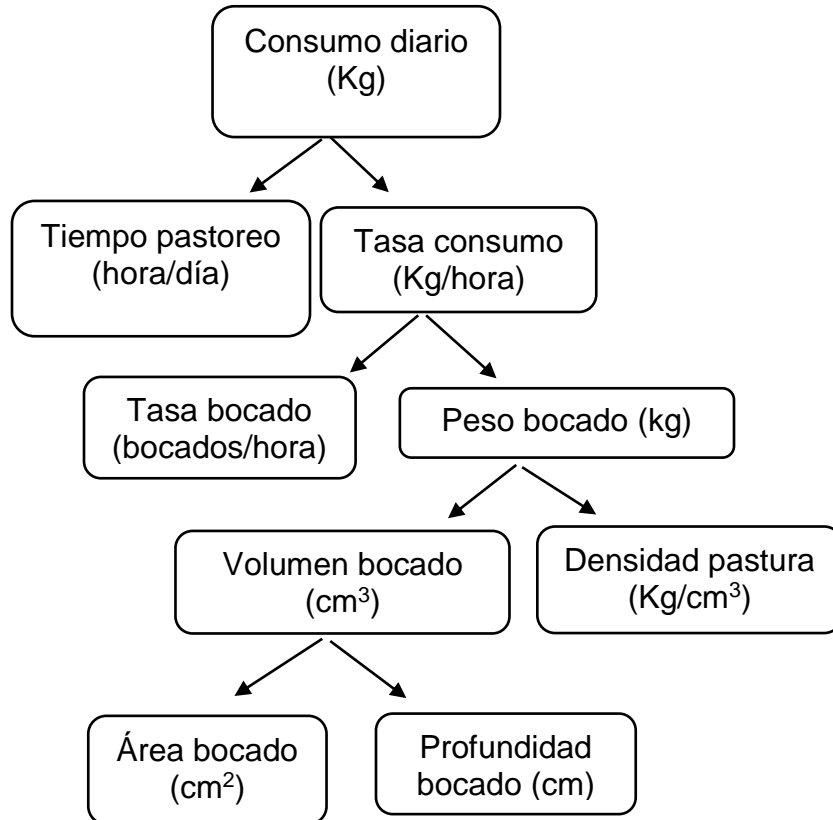
Gill y Romney (1994), Chilibroste et al. (2010) también coinciden con esto, explicando que las estrategias que llevan a cabo los vacunos para obtener nutrientes en condiciones de pastoreo son determinadas por el estado fisiológico del animal, la disponibilidad y asignación del forraje y el nivel y tipo de suplementos suministrados.

#### 2.2.2.1 Factores que determinan el consumo en pastura

Según el modelo conceptual planteado por Allden y Whittaker (1970) el consumo diario de materia seca (CD) en condiciones de pastoreo es el producto entre tasa de consumo (TC) expresado en kilogramos por hora, y el tiempo de pastoreo (TP) expresado en horas por día. A su vez la tasa de consumo depende de factores como la tasa de bocado (TB) expresado en bocados por horas, y el peso del bocado (PB) expresado en kilogramos de materia seca por bocado, por lo que el consumo de materia seca (CMS) se calcula como:

$$\text{CMS} = \text{TP} \times \text{TB} \times \text{PB}$$

Figura 1. Factores que determinan el consumo



Fuente: Alden y Whittaker (1970).

El tiempo de pastoreo diario es la suma de la duración de las diferentes sesiones o comidas que el animal realiza al cabo del día (Gill y Romney, 1994). Según Laca (1996), este es afectado por las demás actividades que realiza la vaca en el pastoreo, tales como búsqueda, cosecha, masticado e ingestión del forraje.

En cuanto a la tasa de consumo en pastoreo, el principal factor que lo afecta es el peso del bocado, y también es el que mayor impacto tiene en el consumo de materia seca total diario (Forbes, 1995). Además, la altura de la pastura es el componente con mayor impacto en el peso del bocado, y por ende, en la tasa de consumo, ya que a medida que aumenta la altura de la pastura, aumenta el peso del bocado, pero de lo contrario, a medida que disminuye la altura, disminuye el peso de bocado y aumenta la tasa de bocado (Penning, 1986), junto con el tiempo en pastoreo (Hodgson, 1985). Esta compensación se da hasta cierto punto, debido a que los animales difícilmente pueden superar tiempos de pastoreo mayores a 11 horas por día (Stakelum y Dillon, 1989).



Laca et al. (1992) incluyen además la densidad como los factores más importantes en la definición de la profundidad y área del bocado y, consecuentemente, en el peso del bocado. En este sentido, Penning (1986) plantea que la relación entre altura de la pastura y peso de bocado depende del estado fisiológico, ya que si esta pasa a estado reproductivo, la densidad tiende a bajar y, en consecuencia, disminuye el peso de bocado.

Experimentos en donde se reportan alta acumulación de biomasa puede verse afectado el efecto positivo de la mayor disponibilidad de forraje, consecuencia de la pérdida de calidad de la pastura, lo que repercute negativamente en el consumo de materia seca (Hodgson y Wilkinson, 1968).

Por otro lado, Chilbroste (1998) plantea que el consumo es afectado mayormente por el contenido de FDN que por la digestibilidad de la pastura. En este sentido, Van Soest et al., citados por Chilbroste (1998), afirman que el animal presenta una cierta capacidad de almacenar FDN en el rumen, y cuando la alcanza deja de consumir, y retoma la actividad de pastoreo cuando estos valores de FDN fueron reducidos por mecanismos de degradación y pasaje. También en situaciones donde el contenido de materia seca es bajo, el consumo se ve disminuido por limitantes físicas, ya que el agua está retenida dentro de estructuras celulares y se libera mediante la masticación durante la rumia (Chilbroste, 1998).

Otro de los factores que afecta el consumo en pastoreo, ya que modifica el tiempo de pastoreo, es el tiempo de acceso a la pastura. Esto queda demostrado en un experimento llevado a cabo por Chilbroste et al. (2005), en el cual compararon animales con diferente tiempo de acceso a la pastura (8 vs. 16 hs.). Los resultados muestran que con 8 horas más de acceso a la pastura, las vacas de 16 horas solo destinaron un 30% del tiempo extra a actividades de cosecha de forraje, mientras que las vacas con 8 horas de acceso mostraron un pastoreo más eficiente, dedicando entre el 70 y 80% del tiempo a actividades de cosecha de forraje. El tiempo restante es destinado mayormente a la actividad de rumia, ya que es la segunda actividad más importante (después de la actividad de pastoreo), y además tiene un patrón similar al de pastoreo, desfasados en el tiempo por tratarse de dos actividades excluyentes (Arnold y Dudzinski, Realini et al., citados por Campanella et al., 2010). Seman et al., citados por Guala et al. (2013), reportan que el tiempo que el animal dedica a la rumia se relaciona con el tipo de material ingerido, especie, parte de la planta y estado de madurez. Además del pastoreo y la rumia, otra de las actividades que realizan las vacas en pastoreo es el descanso. En un trabajo presentado por Hedlund y Rolls (1977), en el que se monitorearon un grupo de vacas las 24 horas del día para ver cuánto tiempo estaban paradas o descansando echadas, los resultados demuestran que el promedio de horas en el que las vacas

permanecieron echadas descansando fue de 12.2 horas, en igual número de períodos de descanso entre el día y la noche. Además, se constató que, si bien el número de períodos de descanso fue igual para la noche y el día, de noche las vacas permanecían echadas descansando más tiempo por cada período.

En otro sentido, Fajardo (2013) plantea que vacas de alta producción alimentadas 100% con pasturas, no son capaces de comer las cantidades necesarias de materia seca, por lo que su producción se ve limitada. En la misma línea, Kolver y Muller (1998) argumentan que la producción de leche es entre un 20% y un 30% mayor en sistemas de alimentación con TMR vs sistemas pastoriles. Además, Bargo et al. (2002), plantean que los sistemas donde los animales se alimentan solamente de pastura, tienen menor producción de leche y sólidos, variación en la producción de leche debido a variaciones climáticas, y además tienen dificultad para estimar el consumo de pastura, por lo tanto el consumo total de materia seca. Es por esto que en Uruguay los productores lecheros han incluido en su sistema de producción los concentrados y las reservas para aumentar su productividad. Las estrategias que han usado han sido diversas, donde se pueden encontrar sistemas de encierro en donde se ofrece TMR como único alimento, sistemas en donde manejan el pastoreo, las reservas y los concentrados por separados, o sistemas en donde la alimentación se basa en pastoreo directo y TMR (Cajarville et al., 2012).

Fajardo (2013) explica que la suplementación con reservas y/o concentrados modifican las condiciones del rumen, por lo que influyen en el consumo de materia seca, pudiendo así limitar el consumo de pasturas en sistemas mixtos. Sin embargo, Pomiés (2014) demostró que es posible combinar pastura fresca hasta un 30% de la dieta total en base seca, con TMR sin deprimir el consumo total de nutrientes.

Por otro lado, Meikle et al. (2013), encontraron que la producción de leche fue mayor en el grupo alimentado solo con TMR, pero que las diferencias en producción entre este grupo y el que tuvo acceso a la pastura se dieron después de los 35 días posparto, a pesar de que el grupo alimentado solo con TMR tuvo libre acceso al alimento.

Cajarville et al. (2012), argumentan que los sistemas en donde combinan pasturas con TMR son interesantes para aplicar en la lechería Uruguaya debido a que se podría mantener la base pastoril en los sistemas, pero mejorando el balance de nutrientes en la dieta mediante un alimento totalmente mezclado, que tiene como ventaja la mínima posibilidad de selección por parte del animal. Además, Chilbroste et al. (2011), afirman que este tipo de sistemas puede ser el que resuelva la mayor limitante que presentan los

sistemas pastoriles, ya que presentan dificultad de asegurar una oferta constante de alimento en cantidad y calidad a lo largo del año.

### 2.2.3 Factores relacionados al entorno productivo

Chilibroste (1998), detalla que los factores relacionados al manejo y al ambiente son el tiempo de acceso a la pastura, frecuencia de alimentación, dieta completamente mezclada o no, anabólicos, aditivos, sales minerales, disponibilidad de espacio, tamaño de comederos, fotoperiodo, temperatura y humedad.

Sin embargo, en un experimento realizado por DeVries y Greter (2011) en el cual se realizaron dos tratamientos con vacas lecheras (un tratamiento al cual se le asignaba baja cantidad de alimento versus un tratamiento al que se le asignaba una alta cantidad de alimento), obtuvieron como resultado que no existió diferencia entre los tratamientos en cuanto a la ingesta de materia seca, tiempo de consumo y tasa de consumo.

La frecuencia de alimentación es otro factor que afecta el comportamiento, ya que a medida que aumenta la misma se incrementa el tiempo de alimentación diario y aumenta la distribución del tiempo de alimentación a lo largo del día (DeVries y von Keyserlingk, 2005).

Grant y Albright (2001), argumentan que la agrupación de los animales influye mucho en su comportamiento ingestivo debido a la competencia y jerarquía que existe entre los animales. La estrategia de agrupación afectará la capacidad de la vaca para expresar una conducta alimentaria agresiva. Dentro de un grupo de vacas, jerarquía social, competencia por alimento, agua, espacio y la disponibilidad de alimento determinará comportamiento de alimentación y el consumo de materia seca.

## 2.3 LIMITANTES DE LOS SISTEMAS CON BASE PASTORIL EN URUGUAY

La lechería en Uruguay, según Mendoza et al. (2010), presenta una limitante en cuanto a la dieta, la cual se basa principalmente en pasturas con la complementación usando suplementos en los momentos de menor oferta o déficit de forraje. El problema está en que dicha dieta muchas veces no permite explotar el potencial genético en cuanto a producción que presentan los animales utilizados, principalmente en vacas que su parto se ubica en las estaciones de otoño-invierno, coincidiendo el momento de mayores

requerimientos energéticos por parte de la vaca con la época de menor oferta de forraje.

Adicionalmente, se sugiere que los sistemas más intensivos en Uruguay ya estarían explorando los "techos" de producción de leche a partir de la aplicación de la tecnología disponible (Durán et al., citados por Mendoza et al., 2010). Es por lo mencionado anteriormente que se propone como alternativa el uso de raciones totalmente mezcladas (TMR), el cual consiste en la mezcla de forraje y concentrados y de esa misma forma ofrecérsela a los animales. Estos sistemas de alimentación presentan como ventaja una mayor producción de leche individual debido a un mayor consumo y también un aporte más balanceado de nutrientes al tratarse de una mezcla en la que se conocen los componentes y sus valores nutricionales.

Además de lo dicho anteriormente, en un trabajo realizado por Aguerre et al. (2018), se evaluaron 28 predios comerciales con visitas quincenales, durante 12 meses. Algunos de los datos recolectados fueron para caracterizar la infraestructura de los diferentes predios, como caminería, lugar de descanso y sitios en donde se les proporciona los alimentos (reservas y concentrados). Dentro de este último, se constató que el 43% de los pisos frente al comedero eran de hormigón, el 22% de tosca, y el 35% de tierra. Los que presentaron mayor profundidad de barro fueron los de tierra, seguidos por los de tosca y finalmente los de hormigón. Para la distancia entre el fin e inicio del barro se dio la misma tendencia. Por otro lado, los resultados revelan que invierno y otoño son las estaciones en donde más se usa el área de descanso (71 y 57%, respectivamente). En invierno, el suelo del área de descanso está conformado por un 45% con pasto, un 26% desnudo sin barro, y un 30% de suelo con barro, con una profundidad de barro de 6 cm. En cambio, en otoño, el suelo se compone por 55% con pasto, 21% desnudo sin barro, y 24% desnudo con barro, con 2 cm de barro. Esto evidencia que las condiciones de encierro en la época en donde más se usó el área de encierro no son las mejores, principalmente, por la alta incidencia de barro que se observó.

## 2.4 ASPECTOS DEL CONSUMO EN ENCIERRO

Según Charlton et al. (2011), las variables tiempo de rumia, descanso y consumo fueron mayores en animales que se encontraron en encierro, en comparación con animales en pastoreo, siendo las variables tiempo de consumo y distancia caminada significativamente menores para los animales sometidos a encierro.

Kolver y Müller (1998) afirman que en condiciones de encierro es posible tener un control del alimento que consume cada animal, adaptándose

así a vacas de alta producción, ya que esto es esencial para maximizar la producción, debido a que permite aumentar la tasa de consumo, reduciendo el tiempo que destinan para comer, satisfaciendo rápidamente los requerimientos del animal.

Varios estudios en Uruguay han demostrado que hay combinaciones de pasturas y TMR, donde el potencial de producción de leche de los animales es similar al de aquellos que consumen únicamente TMR, se puede encontrar, entre otros, los siguientes resultados de diferentes trabajos:

- Mendoza et al. (2016), muestran que los animales con 4 horas de acceso a la pastura obtuvieron el mayor consumo total de materia seca (26 KgMS/día), no presentando diferencias significativas con el tratamiento que tuvo 0 hora de acceso a la pastura (24,5 KgMS/día), pero sí fue mayor que el de 8 horas de acceso a la pastura (22,6 KgMS/día).
- En el trabajo presentado por Fajardo et al. (2015), el consumo fue mayor en el tratamiento en donde las vacas consumieron 100% TMR. En cambio, los animales con 6 y 9 horas de acceso a la pastura presentaron un menor consumo de materia seca por día, con una relación pastura-TMR de 28-72 y 33-67, respectivamente.
- Cajarville et al. (2012), afirman que en un trabajo realizado con vaquillonas, en el cual se comparó la ingestión, digestión y el metabolismo de animales que consumían solo pasturas de buena calidad (mezcla de gramíneas y leguminosas), TMR o TMR + 6 horas de pastura (sin acceso a la TMR durante esas horas), el consumo de dietas TMR con o sin pasturas llevó a aumentos en el consumo, respecto a los animales que consumían solo pastura.

Chilibroste et al. (2015) afirman que los resultados encontrados en el proyecto de producción competitiva muestran que las diferencias en consumo individual entre los diferentes niveles de productividad están explicadas fundamentalmente por el consumo de reservas (+44% alta vs. baja) y concentrados (+53% alta vs. baja), acompañado por una disminución moderada en el consumo de pasto (-6% alta vs. baja). Por lo tanto se puede concluir que con el agregado de reservas y concentrados se puede lograr un mayor consumo por parte de los animales, viéndose también que existe sustitución cuando se les suministra una alta cantidad de las mismas.

### 2.4.1 Cama caliente

El sistema de cama caliente es una alternativa que ayuda a aumentar la productividad y que al mismo tiempo ayuda a solucionar problemas como son la contaminación y el manejo de los efluentes. Las ventajas de este sistema radica en las mejoras en el ambiente en el que se encuentran las vacas, mejorando el confort animal. También cuando el manejo de este sistema es el adecuado, posibilita un aumento de la eficiencia de conversión de los alimentos, además de mejoras reproductivas y una mayor longevidad de las vacas. Además, como se mencionó anteriormente, en cuanto al ambiente también tiene sus beneficios debido a que tiene muy bajo riesgo de contaminación de napa subterránea, además que las deyecciones son transformadas en compostaje (Frossasco et al., 2015).

La cama caliente es un sistema que aumenta la productividad del animal mediante su bienestar, además soluciona problemas de efluentes y contaminación, ya que está compuesta por compostaje originado de una fuente de carbono y otra de nitrógeno como lo son las heces y orina de los animales. En los primeros centímetros de esta cama actúan microorganismos aeróbicos, mientras que por debajo actúan microorganismos anaeróbicos. A la profundidad que se ubican estos últimos se tiene que llegar a una temperatura que se ubique dentro del rango de 45 y 55 °C para que la actividad de dichos microorganismos sea óptima. Es importante mencionar que, además del compostaje, la cama tiene que tener algún material agregado que contenga un alto porcentaje de materia seca, una alta relación carbono: nitrógeno y que no sea agresivo para el animal, como podría ser el aserrín (Frossasco et al., 2015).

En un trabajo publicado por Barberg et al. (2007) en el que compararon 9 establecimientos comerciales que adoptaron el sistema de cama caliente para la estabulación de su ganado, y a su vez llevaron los registros productivos, los resultados demuestran que hubo un aumento en la producción de leche en 8 predios de  $955 \pm 315$  Kg de leche por vaca por año, corregida a 305 días. El otro predio tuvo una disminución en la producción, pero pudo deberse a la adición de vacas jersey al rodeo, cuando comenzó a utilizar el sistema de cama caliente. Por otro lado, la proporción de grasa en leche medida en porcentaje pasó de  $3.77 \pm 0.31\%$  a  $3.88 \pm 0.22\%$ , después de adoptar el sistema de cama caliente. Para la proteína en leche se generó también un aumento, pasando de  $3.13 \pm 0.12\%$  a  $3.21 \pm 0.10\%$ .

En una publicación basada en el mismo trabajo anterior, pero publicada por Endres (2008), se obtuvo el tiempo en que las vacas dedicaron a estar echadas. Dentro de los 12 predios en estudio, había 2 los cuales su rodeo tenía acceso a la pastura, y en los que se encontró que el tiempo que permanecían

echadas era de  $6.45 \pm 1.57$  horas/día, y los sistemas en los cuales el rodeo estaba 100% estabulado en cama caliente el tiempo fue de  $9.99 \pm 2.02$  horas/día.

## 2.5 PRODUCCIÓN DE LECHE

Chilibroste et al. (2010) realizaron un experimento el que consistió en medir la producción de vacas lecheras para distintos niveles de asignación de forraje, el cual estaba conformado por tres tratamientos: alta asignación (30 kg MS/vaca/día), media asignación (15 kgMS/vaca/día) y baja asignación (5 kg MS/vaca/día). Además, los tratamientos presentaron una suplementación con silo de maíz y heno por la tarde. Los resultados presentaron diferencias significativas a favor del tratamiento al que se le ofrecía una alta asignación (produjo 24 litros/vaca/día), seguido por el tratamiento de media asignación (22,9 litros/vaca/día) y, por último, el de baja asignación (18,9 litros/vaca/día).

Kolver y Müller, citados por Guala et al. (2013), han reportado mayores niveles de producción en animales alimentados con TMR, comparado con una dieta bajo pastoreo. La performance de vacas lecheras estudiadas en pastoreo reportó menores consumos que en vacas alimentadas con TMR (19.0 vs. 23.4 kg/día de MS, respectivamente), así como también en producción (29.6 vs. 44.1 kg/día).

Bargo et al. (2002) señalaron que la producción de leche fue mayor para vacas alimentadas con TMR que para vacas alimentadas a TMR más pasto y pasto + concentrado. Las vacas con tratamiento TMR produjeron 19% más leche (6,1 kg/día) que las vacas con tratamiento TMR más pasto y 33% más leche (9,6 kg/día) que las vacas alimentadas a pasturas + concentrado. La combinación de pasto con TMR (pTMR) resultó en una producción de leche 13% más alta (3.5 kg/día) que el tratamiento con PC (pastura + concentrado,  $P < 0.05$ ).

Wu et al. (2001) reportaron una diferencia de 7.7 kg/día en la producción de leche entre las vacas paridas en otoño que pastorearon durante el verano siguiente y suplementadas con 7.9 kg/día de concentrado, en comparación con la producción de leche proyectada, si las vacas hubieran permanecido en una dieta TMR. En un estudio de 4 años, White et al. (2002) compararon la producción de leche para toda la lactancia de vacas Holstein y Jersey alimentadas con una dieta TMR o basada en pasto, complementada con concentrado y heno o ensilaje. Las vacas alimentadas con una dieta basada en pastos produjeron un 11% menos de leche por lactancia que las vacas alimentadas con la TMR (White et al., 2002). Kolver et al. (2000) informaron que

las vacas holandesas Holstein Friesian producían significativamente más leche con una dieta 100% TMR que con una dieta 100% pasto (22,6 frente a 14,9 kg/día).

Las diferencias en la producción de leche entre tratamientos es probable que estén relacionadas con las diferencias en los requisitos de mantenimiento de energía, relacionados con la actividad de caminar y pastoreo, y con las diferencias en la ingesta energética (Bargo et al., 2002). El costo energético del pastoreo se atribuye al esfuerzo físico de comer pasto y al tiempo extra para seleccionar el pasto (Agnew y Yan, 2000). El aumento de la actividad y la disminución de la ingesta energética explicaron gran parte de las diferencias en la producción de leche entre tratamientos.

## 2.6 COMPOSICIÓN DE LA LECHE

### 2.6.1 Proteína, grasa y lactosa

En un experimento realizado por Bargo et al. (2002), se llevaron a cabo tres tratamientos: pastura más complemento, pastura más TMR y solo TMR. Los resultados que se obtuvieron con respecto a la composición de la leche muestran que en cuanto a porcentaje de proteína no hay diferencias significativas entre los tratamientos con TMR, pero sí las hay para contenido graso en kg. de proteína/animal/día, siendo esta mayor en el tratamiento que se alimenta solo con TMR. El tratamiento con pastoreo y concentrado no presentó diferencias significativas con TMR + pastura en cuanto a porcentaje, pero sí tuvo diferencias para contenido en kg. de proteína/animal/día. Para la grasa en leche, los tratamientos con TMR se comportaron igual que para proteína, y el tratamiento con pastoreo y concentrado tuvo niveles inferiores en los dos parámetros comparados. Se debe destacar que en este experimento, si bien la relación forraje:concentrado para los tratamientos que presentaban pastura fue igual (60:40), los tratamientos con TMR tuvieron mayor consumo de fibra que el de pastura con concentrado, debido a la baja digestibilidad de la fibra del TMR.

Por otro lado, Pérez-Prieto et al. (2011) realizaron un experimento que constaba de cuatro tratamientos diferenciados por la asignación de la pastura: alta asignación (30 KgMS/vaca/día) y baja asignación (18 KgMS/vaca/día), y para cada una de ellas, dos niveles de suplementación (0 y 8 KgMS/vaca/día). Los resultados muestran que, para proteína, el porcentaje de esta no varió entre tratamientos con diferentes asignaciones, pero sí aumentó cuando se realizó suplementación (de 3,37% a 3,51% para ambas asignaciones), mientras que para porcentaje de grasa no se encontraron diferencias significativas (4,32%).



En cambio, para contenido en g/día de grasa y proteína, aumentaron al aumentar la asignación, y además aumentaron cuando se suplementó.

Del mismo modo, en un experimento realizado por Kristensen et al. (2007), en el cual se estudiaron animales con diferente tiempo de acceso a la pastura (4, 6.5 y 9 horas), se encontraron diferencias significativas en cuanto a la cantidad de proteína producida medida en gramos por día (g/día), siendo el de cuatro horas de acceso a la pastura el de menor valor, y el de 9, el de mayor valor. Por otro lado, la cantidad de grasa, también expresada en g/día, tuvo los mayores valores en aquellos animales con seis horas de acceso a la pastura. Con respecto a la proporción de grasa y proteína medida en gramos por kilogramo de leche, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

Kolver y Müller (1998) compararon un grupo de animales con una dieta 100% pastoril y otro grupo que solo consumía TMR. Los resultados encontrados entre tratamientos, demuestran que hubo diferencias significativas entre tratamientos con respecto a la cantidad de grasa y proteína producida, medidos en g/día. En cambio, con respecto a la proporción de grasa y proteína en la leche, para esta última se encontraron mayores niveles en el tratamiento, con una dieta en base a TMR, mientras que para el porcentaje de grasa no se reportaron diferencias significativas.

Sin embargo, Guala et al. (2013) realizaron un experimento que constaba de tres tratamientos: un grupo de animales con doble pastoreo (P2), un grupo de animales con un pastoreo diario y acceso a TMR (P1), y un grupo de animales alimentados 100% a base de TMR en encierro (E). Los resultados con respecto al contenido de sólidos en leche difieren con los experimentos anteriormente presentados. Para porcentaje de proteína en leche no se registraron diferencias significativas entre E y P2, pero sí entre P1 y E, siendo mayor en este último. Con respecto a los kilos de proteína producida, el tratamiento E fue significativamente mayor que los demás y no se encontraron diferencias significativas entre P1 y P2. En cambio, para la proporción de grasa sucede lo mismo que para el porcentaje de proteína, y en lo que respecta a kilos de grasa producidos, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

A continuación, se presenta un cuadro extraído de Aguerre et al. (2018), en el cual se resumen los resultados de diferentes experimentos que combinan TMR con acceso a las pasturas.

Cuadro 1. Impacto sobre el consumo, producción y composición de leche de sistemas de alimentación que combinan el suministro de raciones totalmente mezcladas y pasturas

Fuente	Tratamiento	Consumo (kg MS/día)		Leche (kg/día)	Composición (%)		
		TMR	Pastura		Grasa	Proteína	Lactosa
Fajardo et al. (2015)	TMR	26,1 <sub>a</sub>	0 <sub>c</sub>	37,2 <sub>a</sub>	3,70 <sub>b</sub>	3,3	4,90 <sub>b</sub>
	TMR + 6h en pastura	14,5 <sub>b</sub>	5,5 <sub>b</sub>	33,7 <sub>b</sub>	3,90 <sub>ab</sub>	3,5	4,90 <sub>ab</sub>
	TMR +9h en pastura	14,3 <sub>b</sub>	7,5 <sub>a</sub>	33,9 <sub>b</sub>	3,90 <sub>ab</sub>	3,4	5,00 <sub>a</sub>
Mendoza et al. (2016)	TMR	24,5 <sub>a</sub>	0 <sub>c</sub>	34,4 <sub>a</sub>	4,1	3,32	4,95
	TMR + 4h en pastura	22,8 <sub>a</sub>	2,8 <sub>b</sub>	34,9 <sub>a</sub>	3,95	3,35	4,93
	TMR +8h en pastura	19,0 <sub>a</sub>	3,6 <sub>a</sub>	32,7 <sub>b</sub>	3,99	3,25	4,95
Pomiés (2014), Pastorini et al. (2015)	TMR	24,8 <sub>a</sub>	0 <sub>c</sub>	31,0 <sub>a</sub>	4,11	3,37	4,75 <sub>ab</sub>
	TMR + 30% pastura	17,6 <sub>b</sub>	7,0 <sub>b</sub>	30,0 <sub>a</sub>	4,14	3,4	4,78 <sub>a</sub>
	TMR + 50% pastura	12,1 <sub>c</sub>	10,7 <sub>a</sub>	37,9 <sub>b</sub>	4,06	3,39	4,74 <sub>b</sub>

Referencias: dentro de un mismo experimento, diferentes letras en la misma columna P<0,05.

Fuente: Aguerre et al. (2018).

## 2.7 CONDICIÓN CORPORAL

Se debe mantener un balance energético a lo largo de todo el ciclo anual de producción y reproducción de una vaca lechera. En el caso de que ese balance energético sea positivo, es decir consume más energía de la que el animal requiere, este exceso de energía es almacenado en forma de grasa corporal. En cambio, cuando el consumo de energía es menor a la que el animal requiere, obtiene energía de la degradación de grasas corporales anteriormente mencionadas (López, 2006).

Edmonson et al., citados por Guala et al. (2013), afirman que la medición de condición corporal en animales es un método subjetivo para evaluar la cantidad de reservas corporales. Además, cumple la función de estimar el nivel energético que poseen los animales luego del parto.

Vacas con una condición corporal baja, es decir que poseen bajas reservas, son las que más necesitan de una buena suplementación ya que son las más vulnerables a pérdidas de peso, disminución en la producción de leche y tasa de preñez. Sin embargo, vacas con buena condición corporal, pueden movilizar sus reservas sin generar cambios en cuanto a producción y desempeño reproductivo. Es importante destacar que la condición corporal es un indicador del estado nutricional muy confiable, por lo tanto es una herramienta importante para la toma de decisiones de manejo (López, 2006).

Kolver y Müller (1998) obtuvieron resultados con diferencias significativas a favor de los animales que se alimentaron con TMR comparado con animales que consumían únicamente pasturas. Los promedios de condición corporal fueron de 2,6 y 2,3 respectivamente. Soriano et al. (2001), encontraron los mismos resultados que los autores anteriormente mencionados y obtuvieron una mayor condición corporal y menores tasas de pérdidas para animales alimentados únicamente con TMR, en comparación con animales que consumían una TMR parcial. Los resultados para Bargo et al. (2002), fueron coherentes con los resultados anteriores, aunque los de este autor no presentaron diferencias significativas. Los animales alimentados con TMR presentaron un aumento de condición corporal a lo largo del experimento (21 semanas), mientras que animales alimentados con TMR parcial mantuvieron su condición corporal.

## 2.8 PESO VIVO

A diferencia de condición corporal, para peso vivo los experimentos realizados por distintos autores no tuvieron coincidencia en los resultados, ya que Soriano et al. (2001) no encontraron diferencias significativas en peso vivo entre animales alimentados únicamente con TMR y animales alimentados con una TMR parcial (en un turno se le suministraba TMR y en el otro turno, pastoreaban). No obstante Bargo et al. (2002) sí encontraron diferencias significativas a favor del tratamiento de animales alimentados con base a una TMR, contra los tratamientos alimentados con una TMR parcial y animales alimentados a base de pasturas.

## 2.9 CLIMA

### 2.9.1 Precipitaciones

Otros factores que afectan el desempeño productivo del ganado durante el período invernal son la lluvia, la que disminuye temporalmente el consumo de alimento en un 10 a 30%; y el barro, el que disminuye el consumo de alimento en un rango de 5 a 30%, según la profundidad de este (NRC, 1981). Bond et al. (1970) reportaron que el barro adherido más la presencia de viento, las pérdidas de calor por convección y conducción se acrecientan y con ello aumenta también la demanda de energía por parte del animal, para mantener su temperatura corporal dentro de los rangos normales.

### 2.9.2 Temperatura

Según Young (1981), en bovinos la producción de leche comienza a decrecer alrededor de los  $-4^{\circ}\text{C}$  y tiene una marcada depresión a los  $-23^{\circ}\text{C}$ . Esto lo explica por una mayor demanda energética de mantenimiento por parte del animal y por una menor digestibilidad del alimento.

## 2.10 HIPÓTESIS

La mejora en el ambiente en el encierro con cama caliente comparado con el encierro tradicional a cielo abierto, y la aplicación de una dieta totalmente mezclada contra una dieta parcialmente mezclada, modifica el comportamiento animal y aumenta el consumo, con un aumento consecuente de producción y composición de leche, además de una mejora en la condición corporal y peso vivo en el animal.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, ubicada en el departamento de Paysandú, sobre la ruta nacional No. 3 km 363, abarcando los potreros 21, 22, 23 y 24, correspondientes al área de la unidad de producción de leche de la EEMAC.

Este se realizó en el invierno-primavera 2019, en el período comprendido del 27 de mayo al 23 de septiembre del mismo año, determinando una totalidad de 119 días de trabajo de campo. La organización de los datos fue realizada de forma semanal.

#### 3.2 SUELOS

La estación experimental se encuentra ubicada sobre la formación geológica Fray Bentos de la unidad San Manuel, dominado por grupo CONEAT 11.3, los cuales se caracterizan por poseer como suelos dominantes Brunosoles Éútricos Típicos, y suelos asociados Brunosoles Éútricos Lúvicos y Solonetz Solodizado Melánico. Suelos oscuros con elevado contenido de materia orgánica, de textura media en los horizontes superficiales, moderadamente profundos a profundos de color negro a pardo oscuro.

#### 3.3 ANIMALES

Para llevar a cabo este experimento se utilizaron 48 vacas de raza Holando pertenecientes al rodeo de la estación experimental. Al inicio los tres tratamientos promediaron un peso vivo de 612,8 kg, condición corporal de 2,66 y un número de lactancia promedio de 3.

#### 3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño completamente al azar, el cual estaba compuesto por 3 tratamientos con 16 repeticiones cada uno. Primero se clasificaron las vacas candidatas según número de lactancia (NL), fecha probable de parto (FPP), condición corporal preparto (CC), peso vivo y producción de leche en períodos anteriores, y después se sortearon aleatoriamente en cada tratamiento.

### 3.5 TRATAMIENTOS

Cada tratamiento estaba integrado por 4 corrales, con 4 vacas cada uno, por lo tanto el total de vacas utilizadas en el experimento fue de 48, es decir 16 vacas por tratamiento.

#### 3.5.1 Alto control ambiente – dieta totalmente mezclada – rojo= “ACA-DTM”

Sistema de encierro permanente en establo techado y con sistema de cama caliente. Alimentación DTM ad libitum. A partir de la semana 11 este tratamiento fue eliminado del experimento debido a problemas sanitarios.

#### 3.5.2 Alto control ambiente – dieta parcialmente mezclada – azul= “ACA-DPM”

Sistema pastoril intensivo en donde la mitad del tiempo permanecían en encierro y la otra mitad en la pastura. Cuando enfrentaban condiciones extremas en cuanto al clima (lluvias fuertes) o baja disponibilidad en la pastura, se procedía al encierro total. Los animales recibían alimentación suplementaria al pastoreo (DPM) en el mismo establo donde se encontraban las vacas del tratamiento rojo.

#### 3.5.3 Bajo control del ambiente – dieta parcialmente mezclada – verde= “BCA-DPM”

Sistema pastoril intensivo con encierro de animales “a cielo abierto” cuando no estaban en la pastura. El tiempo y el criterio de encierro fue el mismo que en el tratamiento azul. Los animales recibían alimentación suplementaria al pastoreo (DPM), la cual era la misma que para el tratamiento anterior, en los corrales a cielo abierto. La alimentación de este tratamiento y el azul era igual.

### 3.6 INSTALACIONES

La sala de ordeño constaba de 8 órganos, con forma de espina de pescado y alto nivel de automatización.

Los corrales para los tratamientos en encierro con cama caliente (ACA-DPM y ACA-DTM) poseían comederos, donde se les suministraba el alimento posterior a los ordeños.

Además, los tratamientos anteriormente mencionados (ACA-DPM y ACA-DTM) contaban con sistema de ventilación y de aspersión con agua en la plaza de alimentación. Este último se encendía automáticamente según temperatura.

### 3.7 ALIMENTACIÓN

#### 3.7.1 Alimentación en pasturas

Para los dos lotes que tenían como parte de su dieta el pastoreo directo (ACA-DPM y BCA-DPM), los recursos utilizados fueron una pradera mezcla de avena (*Avena byzantina*) y raigrás (*Lolium multiflorum*) (potrero 21), festuca (*Festuca arundinacea*) de segundo año (potrero 22), otra compuesta por festuca (*Festuca arundinacea*) y lotus (*Lotus corniculatus*) de tercer año (potrero 23). Por último, alfalfa (*Medicago sativa*) y dactilis (*Dactylis glomerata*) (potrero 24).

Las franjas fueron asignadas semanalmente. A continuación, se presenta un cuadro donde se puede observar en qué potrero pastorearon cada semana.

Cuadro 2. Potrero pastoreado por semana

Semana	Potrero
1	Sin pastoreo
2	Sin pastoreo
3	23
4	23
5	21
6	21
7	22
8	22
9	24
10	24
11	23
12	21
13	21
14	22
15	22
16	24

### 3.7.2 Alimentación en encierro

En el encierro las vacas eran alimentadas con una dieta totalmente mezclada que se les suministraba de mañana y de tarde a las del tratamiento “ACA-DTM”, y una vez al día (en la tarde) a los otros dos tratamientos (ACA-DPM y BCA-DPM), debido a que en la mañana luego del ordeño, iban a la pastura.

## 3.8 MANEJO

### 3.8.1 Manejo en el pastoreo

#### 3.8.1.1 Tratamiento BCA-DPM

El pastoreo se realizó en franjas semanales. Este constaba de aproximadamente 7 horas diarias, el cual se ubicaba entre los ordeños AM y PM (ver figura 2).

Cada unidad de rotación tenía 6,4 hectáreas, las cuales se dividían en 4 franjas de 1,6 hectáreas, que eran pastoreadas por 32 vacas, obteniendo así una carga de 2,5 vacas/hectárea de plataforma de pastoreo.

Luego del ordeño, las vacas de este tratamiento ingresaban a un encierro a cielo abierto, en donde se les suministraba ración totalmente mezclada y agua *ad libitum*, hasta el próximo ordeño.

#### 3.8.1.2 Tratamiento ACA-DPM

El manejo de este tratamiento, para el pastoreo, era igual al que se aplicó para BCA-DPM. La diferencia estaba en el manejo posterior al ordeño vespertino (ver figura 2), en donde las vacas ingresaban a un encierro con cama caliente, que al igual que el tratamiento anterior, se les suministraba ración totalmente mezclada y agua *ad libitum*.

#### 3.8.1.3 Tratamiento ACA-DTM

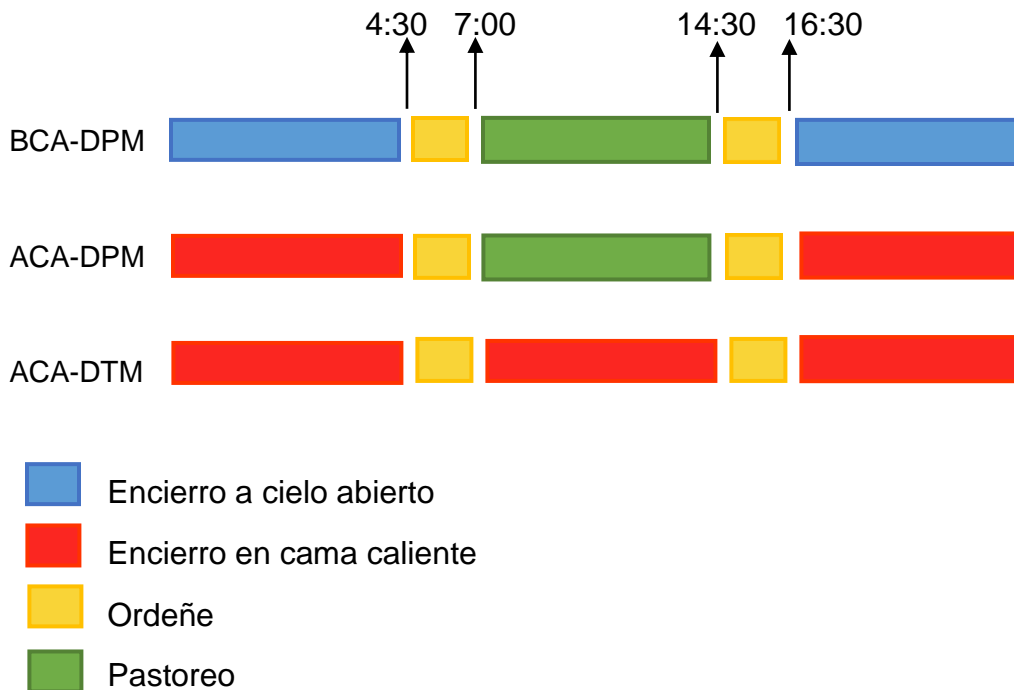
Las vacas de este tratamiento permanecían todo el día en un encierro (ver figura 2), en el cual contaban con comederos y bebederos.

La comida se suministraba en los encierros dos veces al día luego de los ordeños. Para el suministro del alimento se mezclaba previamente con el uso del mixer. Antes del reingreso de los animales a sus respectivos corrales luego del ordeño AM y del ordeño PM, al igual que para el tratamiento ACA-



DPM, se pesaba el rechazo y desperdicios de la ración totalmente mezclada, el cual se registraba semanalmente, y se extraían muestras para realizar el análisis químico.

Figura 2. Rutina del rodeo según tratamiento



### 3.9 DETERMINACIONES

#### 3.9.1 En la pastura

La disponibilidad de forraje de la pastura se estimó semanalmente en dos ocasiones: previo al ingreso de los animales a la franja y posteriormente a la salida de esta.

Previo a la entrada de los animales se utilizó el método de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975), el cual consiste en la determinación de 3 o 5 estratos (dependiendo de si es en avena o festuca/alfalfa, respectivamente). Estos se ordenaron de menor a mayor disponibilidad por apreciación visual, con 3 repeticiones cada uno, considerando altura del forraje, densidad y composición botánica. Sobre los puntos marcados, y en sus respectivas repeticiones, se colocaba un rectángulo de 30 cm por 34 cm, y dentro de este, se medía la altura de la pastura en las 4 esquinas y en el centro (tomando en

cuenta la hoja que tocaba la parte más alta de la regla), se contaban el número de hoja o nudos (dependiendo de la especie) de 5 plantas y se cortaba el forraje que estaba dentro del rectángulo al ras del suelo. Las muestras recolectadas eran colocadas en estufas a 60°C por 48 horas, para determinar el contenido de materia seca de esa pastura.

Los datos recolectados eran pasados a una planilla excel y por medio de una ecuación de regresión lineal se determinaba el contenido de materia seca por centímetro de forraje, que luego por la altura promedio de la parcela se calculaba la cantidad de materia seca de esta.

Además de la calibración, antes de entrar los animales, se hacía una recorrida de transectas, en la que cada 5 metros se determinaban, para un cuadrante imaginario ubicado inmediatamente por delante de los pies del observador, la escala y el número de láminas. También en la transecta en cada paso se midió la altura mediante el uso de una regla, al igual que en el método de doble muestreo explicado anteriormente.

#### 3.9.1.1 Ajuste de suplementación

Antes del ingreso por parte de los animales a la parcela, se determinó el valor promedio de disponibilidad de forraje de esta, el cual se realizó como se detalla en el punto anterior (punto 3.9.1), y así obtener un valor por unidad de área. Con dicho valor y teniendo un área de franja predeterminada de 3,2 hectáreas y un número dado de vacas a pastorear, se determinaba si la pastura completaba la asignación objetivo por animal o si se la debía sustituir ajustando la suplementación, en el caso de que exista faltante de pasto, de modo de no comprometer el crecimiento de la pastura.

#### 3.9.1.2 Rechazo de forraje

Posterior a la salida de los animales de la parcela, se realizaban medidas de forraje remanente mediante transectas, midiendo altura del remanente cada dos pasos con regla, y cada 5 metros, registrando el estrato mencionado anteriormente.

#### 3.9.2 En los alimentos

En las pasturas, previo a la entrada de los animales a la franja, se tomaba una muestra por “hand clipping”, que consiste en tomar una muestra de forraje imitando la cosecha realizada por parte de los animales. Esta muestra luego se utilizaba para realizar análisis químicos, en que se determinaba la cantidad de materia seca, FDN, FDA, materia orgánica y PC.

En los encierros se tomaba una muestra semanalmente de la DTM tanto de lo ofrecido como de lo rechazado, para cada tratamiento por separado, para luego hacerle el análisis químico correspondiente.

Para ambos casos, ya sea la muestra de las pasturas como del encierro, se dejaban secar en una estufa a 60°C por 48 horas y, posteriormente, se molían para la realización de los análisis químicos.

### 3.9.3 En los animales

#### 3.9.3.1 Peso vivo y condición corporal

Estos parámetros eran registrados cada 15 días. La condición corporal se determinaba por apreciación visual, utilizando la escala del 1 al 5.

#### 3.9.3.2 Producción individual de leche

A medida que los animales entraban a la sala de ordeño, se registraba su ingreso automáticamente por medio de un chip. El registro de la producción individual se realizaba en forma automática en cada ordeño.

#### 3.9.3.3 Composición de leche

Semanalmente, se extraían muestras de leche de todas las vacas de ordeño y luego eran enviadas al laboratorio Colaveco, para determinar el contenido de proteína, grasa y lactosa.

#### 3.9.3.4 Consumo de ración totalmente mezclada

Se registraba la oferta de la dieta a cada corral, dos veces por semana. Semanalmente se realizaba un registro de lo rechazado y desperdiciado, para saber el consumo real.

#### 3.9.3.5 Consumo de pastura

Para los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM, se estimó semanalmente el consumo de pastura por balance de energía, utilizando el NRC (2001), considerando los requerimientos para mantenimiento (caminata y búsqueda), producción de leche, variación de condición corporal y peso, y la oferta de los alimentos, teniendo en cuenta el aporte de los alimentos consumidos en el comedero y en la pastura. Sabiendo la oferta energética de la DTM y la demanda según los requerimientos, se calculaba por diferencia el consumo de

materia seca de la pastura ingerida, teniendo en cuenta la composición química de esta.

#### 3.9.3.6 Consumo de materia seca total

Para el tratamiento ACA-DTM se estimó por medio del consumo de la ración totalmente mezclada.

Para los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM, se estimó por el consumo de pastura y ración totalmente mezclada.

#### 3.9.3.7 Comportamiento en pastoreo

Las observaciones de comportamiento se realizaron durante 4 días al comienzo de cada mes, las cuales se midieron los días 1, 3, 5 y 7, siendo el “día 1” el día en que ingresan a la parcela y el “día 7”, el último día que pastorean la misma. Las observaciones consistieron en medir cuánto tiempo las vacas estaban realizando cada acción, ya sea comiendo, rumiando, descansando, caminando o tomando agua.

Debido a condiciones climáticas adversas que sucedieron en junio y setiembre, y que coincidieron con el día número 7 de comportamiento para ambos meses, se contó con menos datos para analizar el comportamiento de los tratamientos con ingreso a la pastura en ese día.

#### 3.9.3.8 Comportamiento en encierro

Este comportamiento, al igual que para el comportamiento en pastoreo, se realizó durante 4 días a principio de cada mes, en donde las mediciones se realizaban a partir del suministro de comida (TMR) en los comederos, posterior al ordeño PM (la hora de inicio variaba para cada tratamiento), y culminaba a las 23:00 horas, aproximadamente. A diferencia del comportamiento en pastoreo, en este no se discriminó por hora, ya que se realizaron promedios por día de comportamiento.

Con el fin de presentar de forma más clara y permitir un mejor análisis de los resultados, se seleccionaron las actividades de mayor relevancia para presentarlas de forma gráfica. Es por esto último que la suma de las actividades para cada tratamiento no llegó a 100 %. Dentro de las actividades que no fueron tomadas como relevantes están las acciones de tomar agua y caminar. Estas últimas no fueron incluidas, debido a que los animales destinaron muy poco tiempo a realizarlas.

### 3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para este experimento se utilizó un diseño completamente al azar, con 48 unidades experimentales y 16 repeticiones por tratamiento. El modelo incluyó los efectos fijos de los tratamientos, semanas y la interacción semana por tratamiento. El método para comparar las medidas era el de Tukey-Kramer. Para el análisis estadístico de estas, se utilizó un modelo de medias repetidas en el tiempo, con el software estadístico SAS del año 2010.

Las variables medidas fueron producción, composición, peso vivo, condición corporal y comportamiento. Cabe destacar que para esta última, no se analizó semanalmente, sino que por día de comportamiento realizado.

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

$\mu$  = Media

$\tau_i$  = Efecto del tratamiento

$i = 1, 2, 3$

$f_j$  = Efecto de la semana

$j = 1, 2, 3, \dots, j$

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

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

## 4. RESULTADOS

### 4.1 ALIMENTACIÓN

La dieta de las vacas estaba compuesta por una ración totalmente mezclada, constituida por ensilaje de maíz (hasta la semana 9), ensilaje de sorgo (a partir de la semana 10 inclusive, ya que se terminó el ensilaje de maíz), heno de moha (hasta la semana 2), heno de festuca (a partir de la semana 3 inclusive, ya que se acabó el heno de moha), concentrado, y además para los tratamientos que pastoreaban (tratamientos azul y verde), pasturas compuestas por festuca, lotus y trébol blanco, alfalfa y dactylis y verdeo de avena y raigrás.

Cuadro 3. Composición de la ración totalmente mezclada por semana

Semana fecha	Número de semana	Ensilaje de maíz	Ensilaje de sorgo	Heno de moha	Heno de festuca	Concentrado	Pastura *
6-12 jun.	1	X		X		X	
13-19 jun.	2	X		X		X	
20-26 jun.	3	X			X	X	X
27-3 jul.	4	X			X	X	X
4-10 jul.	5	X			X	X	X
11-17 jul.	6	X			X	X	X
18-24 jul.	7	X			X	X	X
25-31 jul.	8	X			X	X	X
1-7 ago.	9	X			X	X	X
8-14 ago.	10		X		X	X	X
15-21 ago.	11		X		X	X	X
22-28 ago.	12		X		X	X	X
29-4 set.	13		X		X	X	X
5-11 set.	14		X		X	X	X
12-18 set.	15		X		X	X	X
19-25 set.	16		X		X	X	X

\* Corresponde solamente a los tratamientos que incluyeron pasturas, es decir, para el azul y verde.

A continuación, se presenta un cuadro en el cual se pueden observar la composición de la dieta para cada tratamiento. Para los componentes ensilaje y heno, se realizó un promedio para ambos tipos de ensilajes (maíz o sorgo) y para ambos tipos de heno (festuca o moha), con el objetivo de resumirlos en una misma unidad, ya que no fueron suministrados simultáneamente.

Cuadro 4. Componentes promedio de la dieta para cada tratamiento

Tratamiento	Ensilaje de maíz o sorgo (%)	Heno de festuca o moha (%)	Concentrado (%)	Pastura (%)	Total kgMS/día
Rojo	38,1	2,2	59,7	-	26,9
Azul	27,8	3,9	45	23,3	21,3
Verde	26,1	3,7	44	26,2	21,5

En el cuadro 5 se puede observar claramente que el tratamiento rojo fue el que tuvo mayor consumo, siendo en promedio 20,5% mayor que el consumo de materia seca de los tratamientos azul y verde, los cuales no se diferenciaron entre sí.

Los datos de consumo de pastura fueron obtenidos de un trabajo (el cual se realizó paralelamente a este), en donde se efectuó un balance energético, obteniendo una estimación del consumo de pastura.<sup>1</sup>

A continuación, se presenta un cuadro con datos promedios de la composición química de la TMR para cada tratamiento.

Cuadro 5. Composición química promedio de la TMR

	Materia seca	Proteína	FDN	FDA
	%	%	%	%
TMR	57.4	15.7	29.2	13

<sup>1</sup> Correa, M.; D'Avis, J. s.f. Efecto del control de la alimentación y del ambiente sobre la producción y composición de la leche de vacas lecheras de parición otoñal en lactancia media. (sin publicar).

En el cuadro 6 se puede apreciar la composición química del TMR, la cual fue igual para los tres tratamientos. Lo único que varió entre estos fue la proporción consumida en el total de la dieta (cuadro 5).

Cuadro 6. Consumo y requerimientos promedio en todo el período de trabajo para los distintos tratamientos

	Rojo	Azul	Verde
Consumo (Mcal)	41.918	32.818	31.885
Requerimientos (Mcal)	37.116	31.988	31.890
Balance (Mcal)	4.802	0.830	-0.005

El tratamiento rojo, como se puede ver en el cuadro 7, es el que más consumo energético obtuvo. A su vez este tratamiento presentó un balance energético positivo a pesar de ser el tratamiento que más requerimientos energéticos reportó.

Para calcular el consumo de pasto en los tratamientos azul y verde se implementó el método de balance energético cero, por lo tanto el balance energético final para los mismos da un resultado cercano a cero.

#### 4.2 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN

Seguidamente, se expondrán los resultados en cuanto a producción y composición de leche. Se presentan gráficos de producción (litros/semana) y composición (en términos porcentuales).



Figura 3. Evolución semanal de producción de leche para cada tratamiento

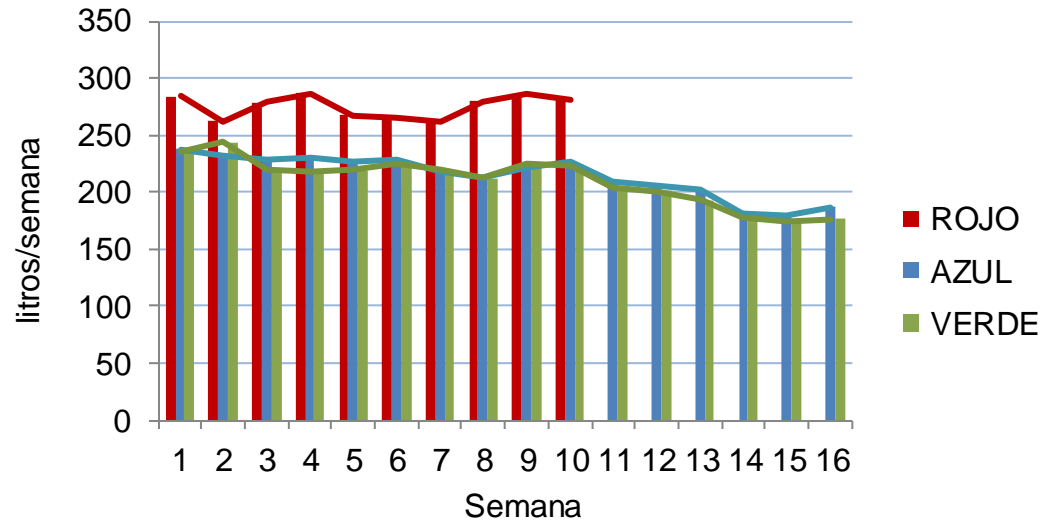


Figura 4. Evolución semanal de porcentaje de grasa para cada tratamiento

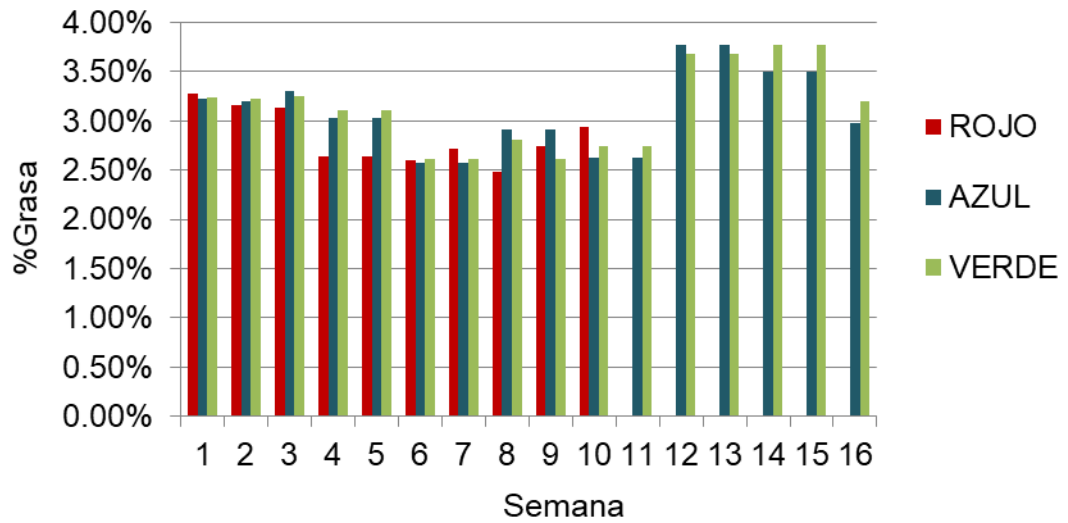


Figura 5. Evolución semanal de porcentaje de proteína para cada tratamiento

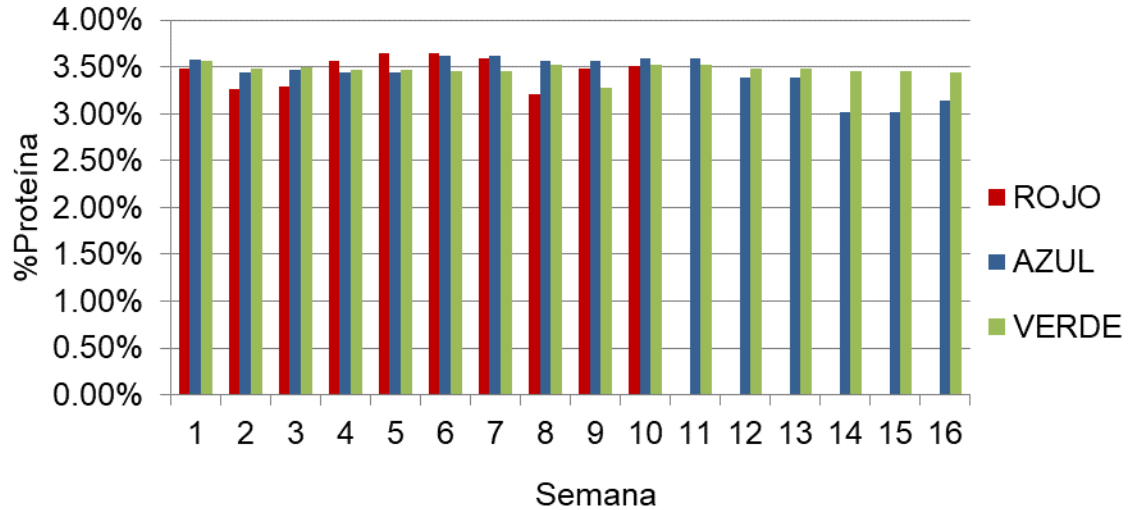
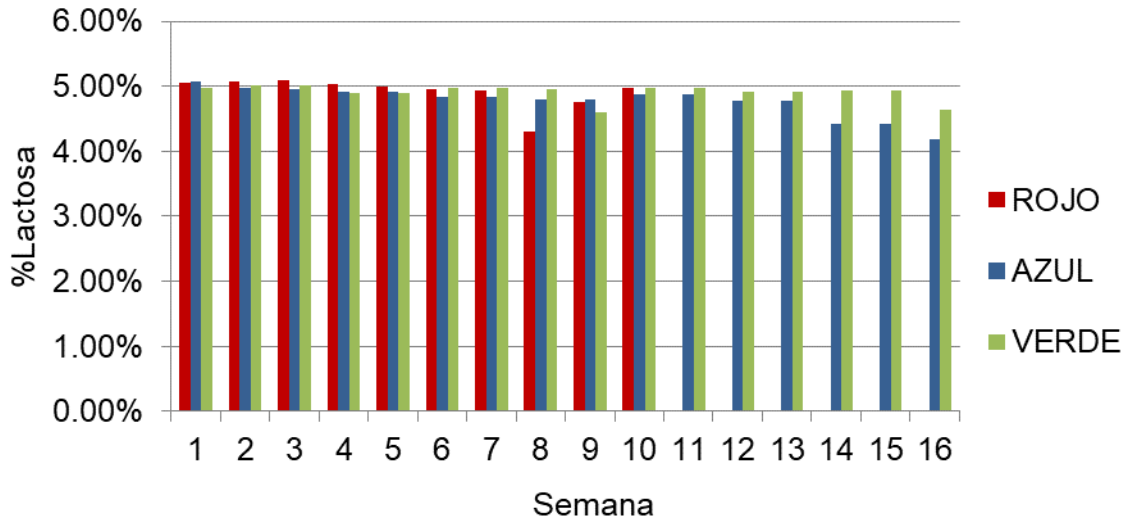


Figura 6. Evolución semanal de porcentaje de lactosa para cada tratamiento



En cuanto a producción de leche, en promedio, el tratamiento rojo fue significativamente mayor que los tratamientos azul y verde, los cuales no presentaron diferencias significativas entre ellos ( $p > 0,01$ ). En cambio para la composición en porcentaje, no hubo diferencias significativas en promedio entre los tres tratamientos ( $p > 0,01$ ). Sin embargo, como es de esperarse, al obtener

una mayor producción y un similar porcentaje de sólidos, el tratamiento rojo obtuvo una mayor cantidad de sólidos, como se puede observar en los anexos 5, 6 y 7.

### 4.3 COMPORTAMIENTO

#### 4.3.1 Comportamiento en pastoreo

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para los tratamientos verde y azul.

Figura 7. Comportamiento en pastoreo para el tratamiento verde

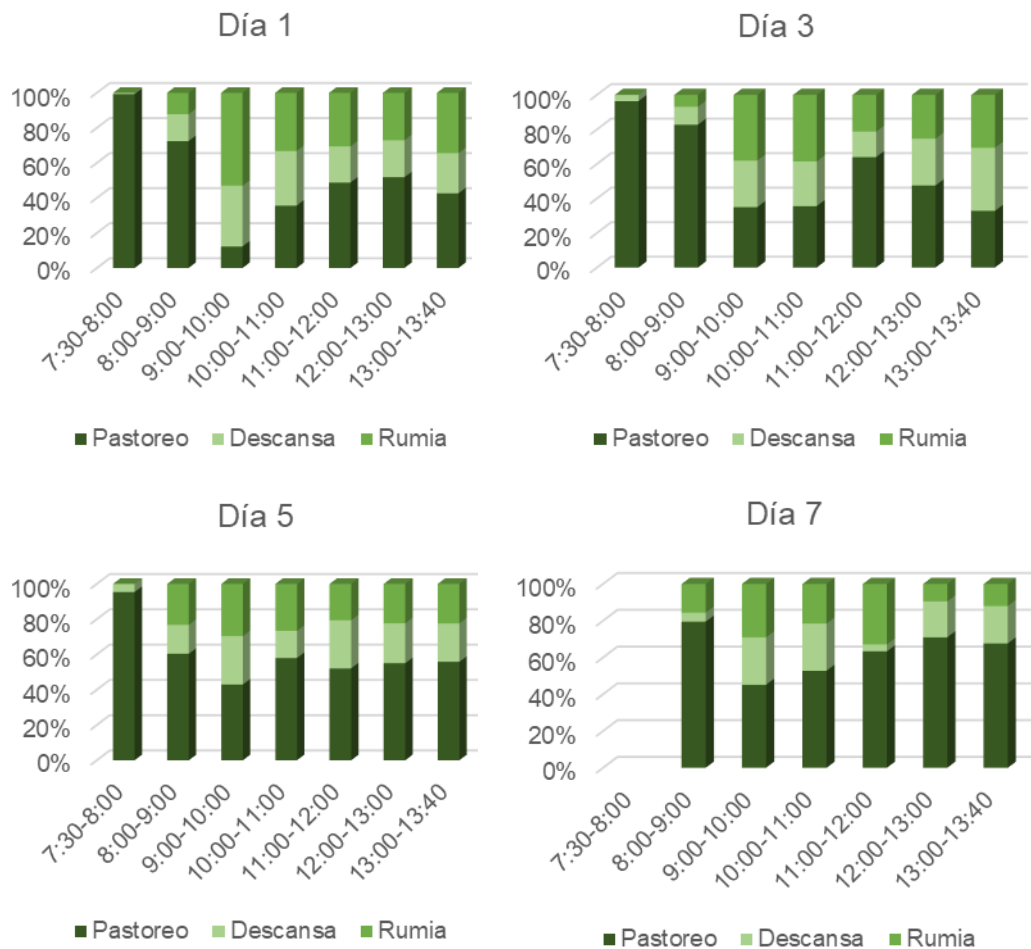
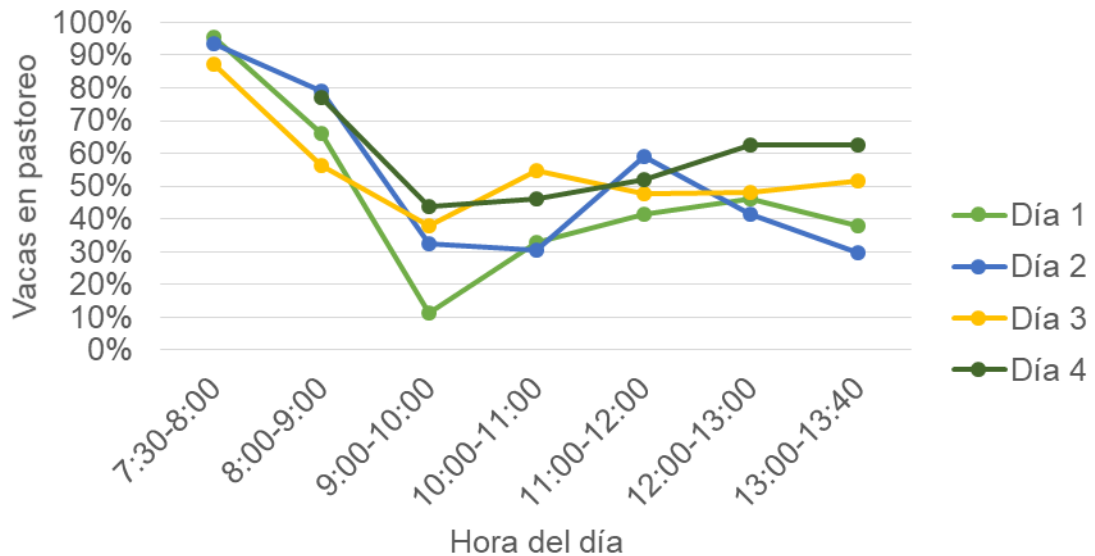


Figura 8. Proporción de vacas pastoreando para los distintos días para el tratamiento verde



Como se puede apreciar en las figuras 7 y 8, las vacas en los primeros dos días de comportamiento tuvieron dos claras estaciones de pastoreo. La primera iniciaba en el momento de ingreso a la pastura y culminaba a las 9:00 hrs, mientras que la segunda se retomaba a las 11:00 hrs. hasta las 12:00 hrs. aproximadamente. En cambio, para los últimos dos días de comportamiento, las vacas dejaron de tener estaciones de pastoreo marcadas, emparejándose la cantidad de vacas pastoreando a lo largo de todo el comportamiento, siendo en promedio un 49,5% de las vacas pastoreando desde las 8:00 hrs hasta las 14:00 hrs, para el día cinco de comportamiento, y un 57,3% para la misma hora en el día siete.

Figura 9. Comportamiento en pastoreo para el tratamiento azul

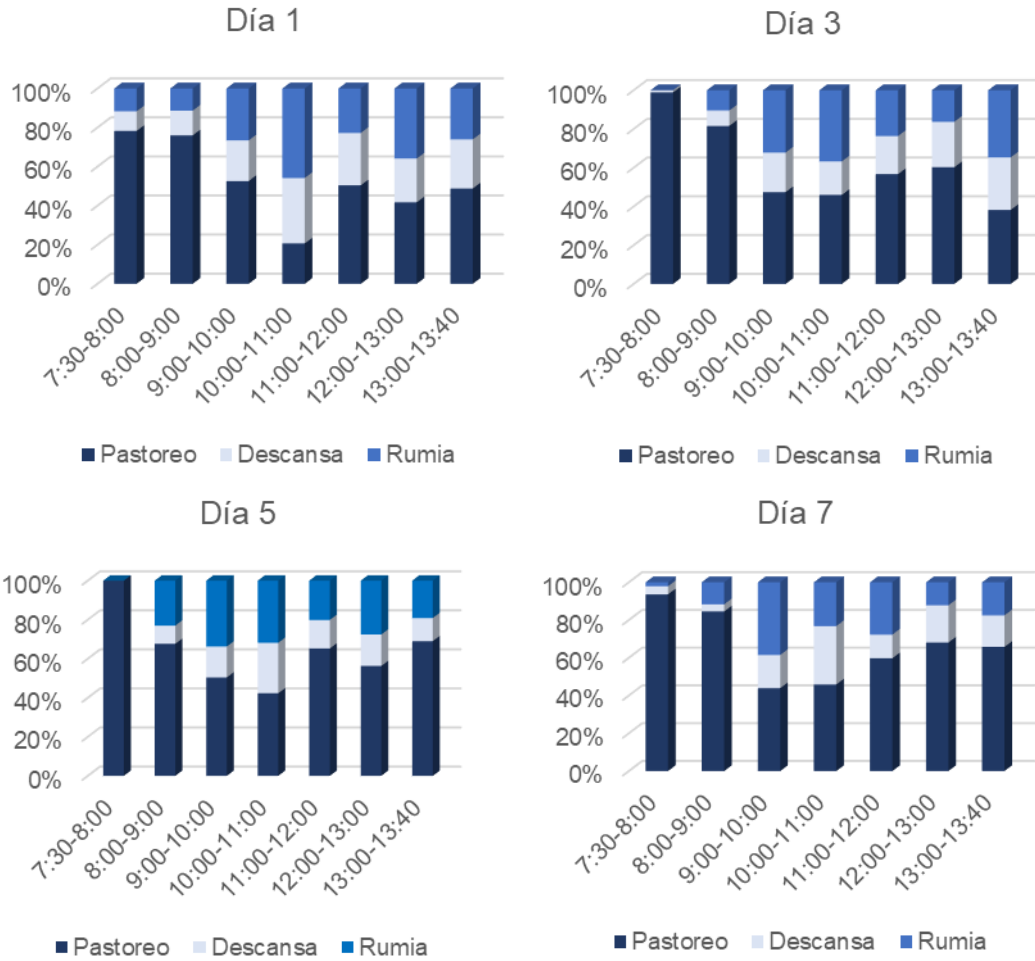
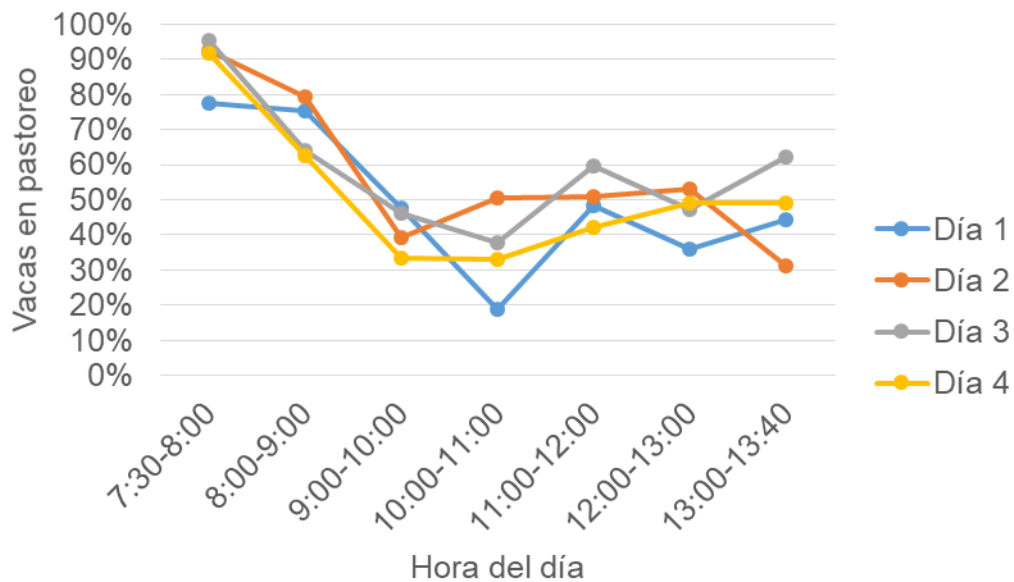


Figura 10. Proporción de vacas pastoreando para los distintos días para el tratamiento azul



En las figuras 9 y 10 se reflejó un patrón muy similar a las figuras 7 y 8. Es decir, que las vacas del tratamiento azul tuvieron un comportamiento muy parecido con las del tratamiento verde. La diferencia más grande que se puede ver entre tratamientos es que en el segundo día de comportamiento, las vacas para el tratamiento azul ya dejaron de tener dos estaciones marcadas de pastoreo, ya que la mayoría de las vacas se encontraron comiendo durante todo el comportamiento.

Cuadro 7. Resumen de actividades promedio para cada tratamiento en los distintos días

	Actividad	Tratamientos	
		Azul	Verde
Día 1	Pastoreo	50%	47%
	Descanso	20%	19%
	Rumia	24%	24%
Día 3	Pastoreo	57%	52%
	Descanso	15%	19%
	Rumia	20%	21%
Día 5	Pastoreo	59%	55%
	Descanso	12%	18%
	Rumia	20%	19%
Día 7	Pastoreo	52%	57%
	Descanso	11%	15%
	Rumia	14%	18%
Promedio	Pastoreo	54,5% a	52,8% a
	Descanso	14,5% a	17,8% a
	Rumia	19,5% a	20,5% a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0.01$ ).

Aunque se puede observar un aumento en el porcentaje de vacas pastoreando entre el primer y el último día de comportamiento para ambos tratamientos, y una disminución en la proporción de vacas rumiando y descansando, no se reportaron diferencias significativas ( $p>0,01$ ) en promedio para cada actividad entre tratamientos como se puede observar al final del cuadro 8; así como tampoco hubieron diferencias significativas ( $p>0,01$ ) para las actividades dentro de un mismo tratamiento entre los distintos días de comportamiento (ver anexo 8).

#### 4.3.2 Comportamiento en encierro

A continuación se presentan las gráficas que resumen los resultados en cuanto al comportamiento en encierro para los distintos tratamientos.

Figura 11. Comportamiento promedio en encierro para el tratamiento rojo

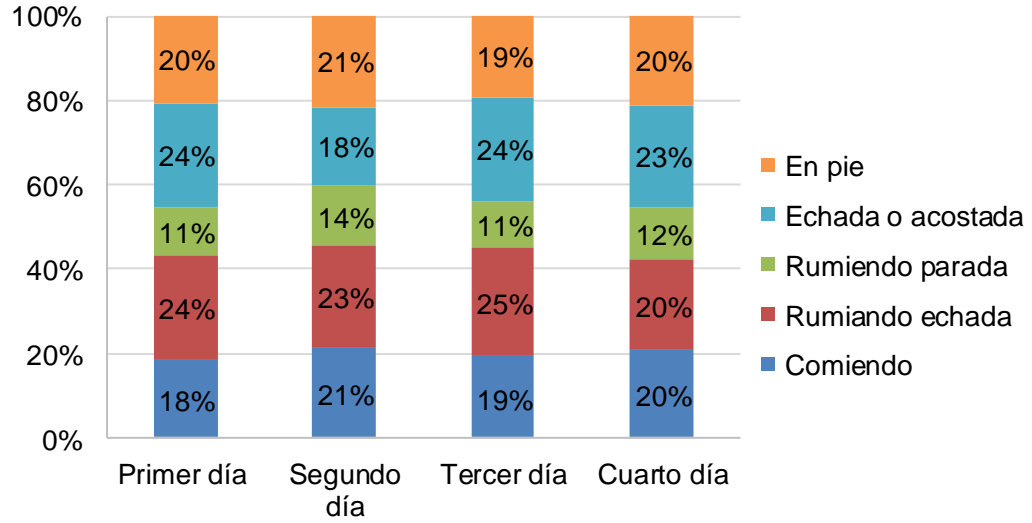


Figura 12. Comportamiento promedio en encierro para el tratamiento verde

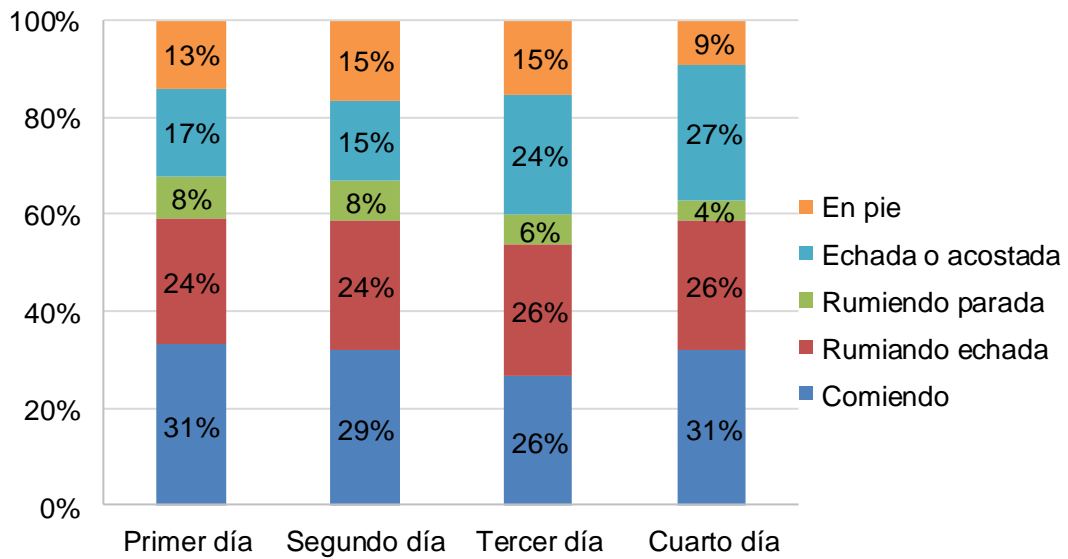
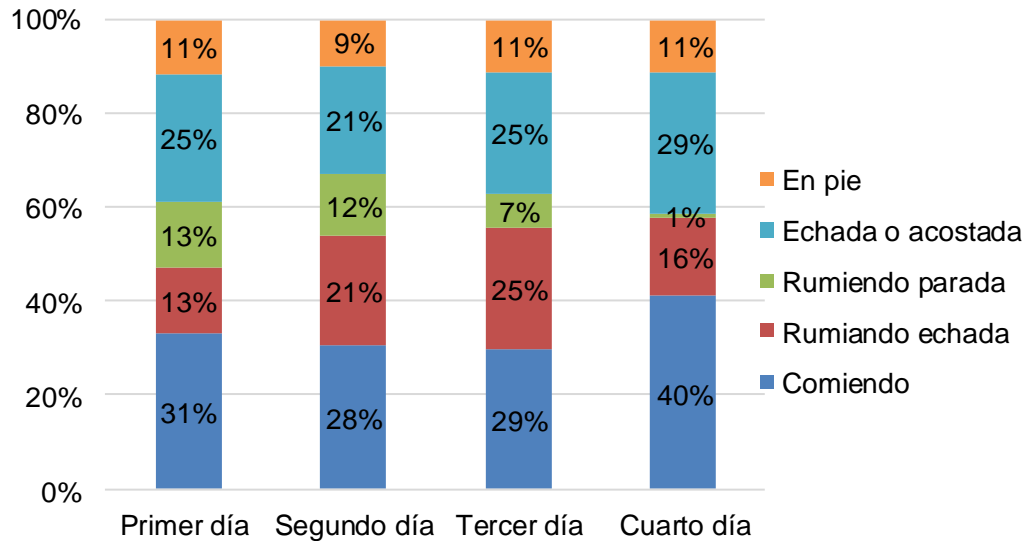




Figura 13. Comportamiento promedio en encierro para el tratamiento azul



Como se puede ver en las figuras anteriores, el tratamiento azul al igual que el verde destinaron más tiempo en promedio a consumir en el período de observación comparado con el tratamiento rojo, esta diferencia fue significativa ( $p > 0,01$ ), mientras que azul y verde no presentaron diferencias entre sí ( $p > 0,01$ ). Sin embargo, es significativamente mayor ( $p > 0,01$ ) el tiempo que destinaron en promedio las vacas del tratamiento rojo a estar en pie comparado con las vacas de los tratamientos azul y verde las cuales no se diferenciaron entre sí (ver anexo 9).

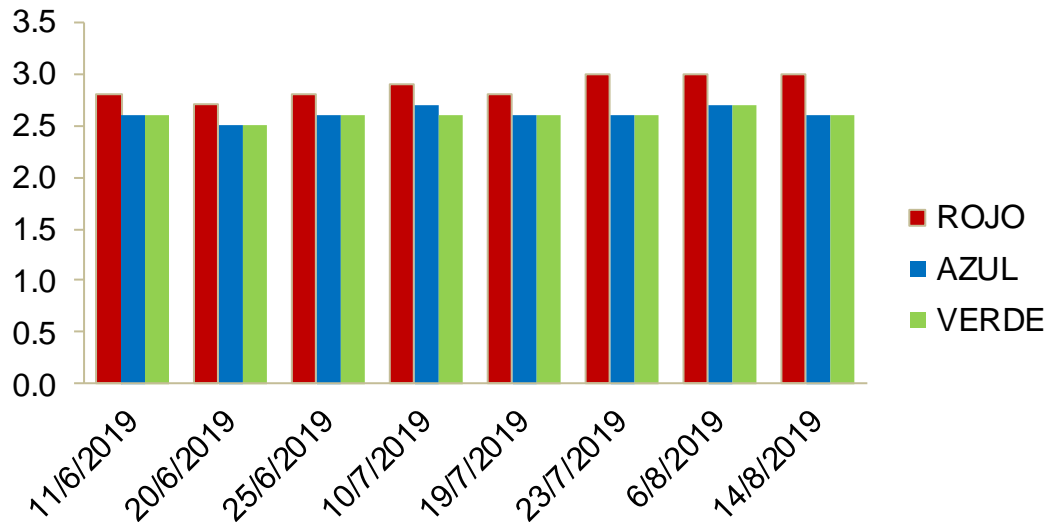
Aunque se puede observar una leve tendencia en el tratamiento verde donde las vacas destinaron menos tiempo descansando echadas, y un poco más de tiempo descansando en pie comparado con el tratamiento azul, es importante destacar que entre los tratamientos azul y verde no existieron diferencias significativas.

#### 4.4 INDICADORES

##### 4.4.1 Peso vivo y condición corporal

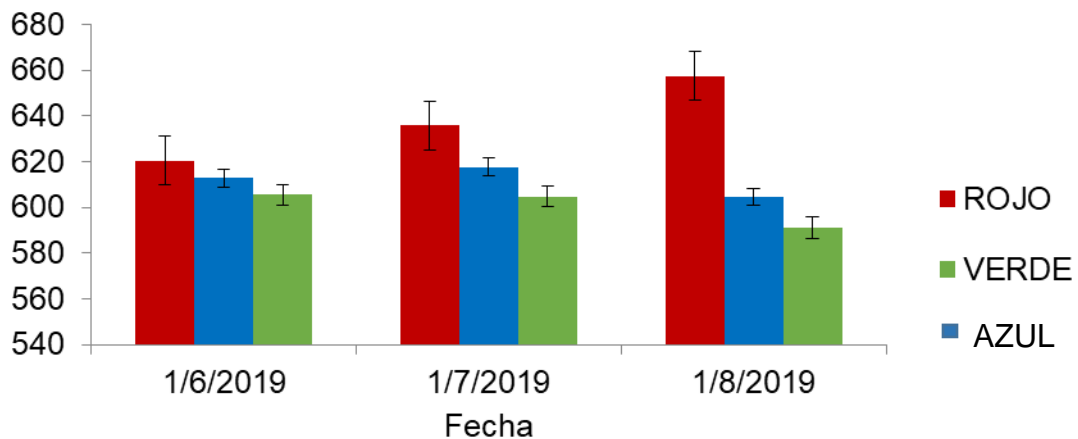
A continuación, se presentan los resultados en cuanto a evolución promedio de cada tratamiento para las variables peso vivo y condición corporal.

Figura 14. Evolución de la condición corporal promedio para cada tratamiento



En la figura anterior se observa que para los tratamientos azul y verde la condición corporal promedio se mantuvo en el tiempo, siendo esta de 2,5. En cambio para el tratamiento rojo esta aumentó levemente en el tiempo, pasando de una condición corporal promedio de 2,75 a 3. Cabe destacar que para esta variable el tratamiento rojo es significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) a los otros dos tratamientos, los cuales no presentaron diferencias entre ellos.

Figura 15. Evolución del peso vivo promedio para cada tratamiento



La figura 15 es destacable, debido a que se contempla una divergencia en la evolución del peso vivo promedio para el tratamiento rojo sobre los tratamientos azul y verde, ya que el primero aumentó 40 kilos en promedio, mientras que los otros dos tratamientos perdieron 8 kilos y 15 kilos, respectivamente. En promedio, para todo el período del experimento, el tratamiento rojo presentó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) sobre los otros dos tratamientos, los cuales no presentaron diferencias entre ellos.

#### 4.5 CLIMA

Como ya se mencionó, el tratamiento verde se diferenció del rojo y el azul por la calidad y el control en el ambiente de encierro. Si bien tuvo diferencias productivas con el tratamiento rojo, con el tratamiento azul no tuvieron diferencias significativas. Para esto, se analizaron factores ambientales externos como lo son la lluvia y el frío. En cuanto a las temperaturas, se puede afirmar que estas fueron bajas durante todo el período del experimento (ver anexo 1), confirmándose que fue un invierno frío.

Para medir el efecto de las precipitaciones, se tomaron los días 4, 5 y 6, posteriores a la ocurrencia de lluvias de 10 mm o por encima de estas, las cuales se consideraron como precipitaciones capaces de generar barro. A continuación, se presenta un cuadro en donde se reflejan las producciones promedio de ambos tratamientos para los días ya mencionados.

Cuadro 8. Producciones promedio para los tratamientos azul y verde, 4, 5 y 6 días posteriores a una lluvia igual o mayor a 10 mm

Lluvias	Días postlluvia	Producción promedio (litros/vaca/día)	
		Verde	Azul
15/6/2019 (72 mm)	19-jun.	35,8	34,2
	20-jun.	34,1	32,5
	21-jun.	34,8	33,8
25/7/2019 (20,8 mm)	29-jul.	32,3	31,4
	30-jul.	30,6	30
	31-jul.	32,8	31,1
08/08/2019 (34,6 mm)	12-ago.	33,4	35,1
	13-ago.	30,3	30,5
	14-ago.	30,6	30,3
30/8/2019 (31,8 mm)	03-sep.	27,9	28,7
	04-sep.	28,2	29,5
	05-sep.	-	-
08/09/2019 (32,0 mm)	12-sep.	24,7	25,1
	13-sep.	26,5	26,9
	14-sep.	26,4	23,5
16/09/2019 (31mm)	20-sep.	25,4	26,4
	21-sep.	25,4	27,3
	22-sep.	26,1	27,3

Lo que se puede ver en el cuadro 9 es que el análisis desde este punto de vista no tuvo los resultados esperados, ya que la producción apenas se diferenció una de otra, e incluso en algunos días el tratamiento verde se ubicó por encima del azul. Esto indica que para este caso en particular la correlación entre lluvias, frío y producción es baja.

## 5.DISCUSIÓN

### 5.1 PRODUCCIÓN DE LECHE

Los datos recabados en este experimento mostraron la misma tendencia y de similar magnitud que los resultados reportados por los autores citados en la revisión bibliográfica (Kolver y Müller 1998, Soriano et al. 2001, Bargo et al. 2002). En todos los casos, los animales alimentados a TMR tuvieron un mayor consumo (en kg MS/día), que los alimentados a TMR más pasto y, por ende, tuvieron una mayor producción de leche (litros/día). Esto se debe a que en los animales alimentados solo con TMR la dieta fue energéticamente más densa que los otros tratamientos, además fue el tratamiento de mayor consumo (*ad libitum*) y tuvo menos gasto energético en caminata y no tuvo gastó energético destinado a pastoreo. Esto desencadenó una mayor producción en litros por vaca por día. Esto se explica por el alto nivel de almidón, que modifica los ácidos grasos volátiles en el rumen, produciendo una mayor cantidad de glucosa en el hígado, el cual es el principal precursor de la lactosa en la glándula mamaria (Bargo et al., 2002).

En cambio, para los tratamientos azul y verde, que eran los que generaban más expectativa por ser los dos sistemas en que lo único que se modificó eran las condiciones de encierro (mayor control en el tratamiento azul), no se encontraron diferencias significativas en producción. Tampoco hubo diferencias significativas en los días postlluvia, lo que indica que el efecto del encierro con cama caliente en la producción de leche fue nulo. Esto puede estar debido a que la calidad del encierro a cielo abierto, tanto el material utilizado como el mantenimiento que esta llevaba, era muy bueno, por lo cual puede haber disminuido el efecto adverso provocado por las lluvias y el barro en este tratamiento.

### 5.2 COMPOSICIÓN

En cuanto a la proporción de sólidos en leche, no se constataron diferencias significativas en términos porcentuales entre los tratamientos. En cambio, la producción de grasa y proteína sí varía entre el tratamiento rojo comparado con el azul y verde, pero entre estos dos últimos no hay diferencias significativas. La mayor producción de grasa y proteína, en términos absolutos, se explica por la mayor producción de leche que se dio en el tratamiento rojo por razones explicadas anteriormente. Esto lo evidenciaron Bargo et al. (2002), cuando sus resultados demuestran que el contenido graso y proteico no varió entre los tratamientos TMR y TMR parcial (porcentualmente). Además, sí encontró diferencias entre un tratamiento que consistía en una dieta 100% pastoril y los que incluían TMR en la dieta, con respecto al contenido de grasa

en cantidad. Esto fue explicado por la mayor digestibilidad de las pasturas, y por tanto menor consumo de fibra efectiva, comparado con el TMR, y esto también justifica que los tres tratamientos en estudio que incluyeron TMR, tuvieran igual proporción de grasa en leche.

Por otra parte, los resultados de este experimento no coincidieron con lo reportado por Guala et al. (2013), en el cual comparando la producción de sólidos para un tratamiento alimentado solo a TMR con otro con un pastoreo diario y acceso a TMR, encontraron que para proteína en términos porcentuales sí existían diferencias entre tratamientos así como también para términos absolutos. En lo que respecta a la grasa, porcentualmente sucede lo mismo que para proteína (hay diferencias entre tratamientos), pero no las hubo y en términos absolutos. En este experimento sucedió lo contrario, no hubo diferencias en términos porcentuales pero sí en cantidades, ya sea en proteína como en grasa. Esto puede deberse a que en el experimento llevado a cabo por Guala et al. (2013), los animales se encontraban en los primeros 60 días en lactancia. Además, la diferencia en consumo de materia seca entre el tratamiento en encierro con el tratamiento con un pastoreo fue menor que en este experimento (25,3 y 20,6 kgMS/vaca/día vs. 29 y 21 kgMS/vaca/día).

### 5.3 COMPORTAMIENTO EN PASTOREO

Los datos obtenidos por Chilibroste et al. (2015) demostraron que vacas con 6-8 horas de acceso a una pastura entre el ordeño matutino y vespertino, durante los primeros 100 minutos de ingreso a la pastura, el 100% de las vacas se encontraron pastoreando, seguido por un período de descanso y rumia, y en el resto del período se pudo ver el 50% de las vacas pastoreando. Esta tendencia coincide con lo sucedido en este trabajo, en el cual se pudo ver claramente que las vacas, al entrar a la parcela, estuvieron mayormente pastoreando hasta la hora 9:00 am. En ese momento la cantidad de vacas pastoreando bajó significativamente ( $p > 0,01$ ) en la mayoría de los casos, ya sea para el tratamiento verde como para el azul

En cuanto al tiempo en pastoreo, en este trabajo, se pudo ver claramente el efecto que tuvo la implementación de franja semanal en el sistema. El primer día en que las vacas entraron a la parcela, con alta disponibilidad, el tiempo que las vacas destinaron a pastorear es del 50% y 47% en los tratamientos azul y verde, respectivamente, contra el 59% y 55% para el quinto día que ingresaron a la pastura (tercer día que se realizó el comportamiento). Estas diferencias no son estadísticamente significativas ( $p > 0,01$ ) por lo que no coincide con lo planteado por Allden y Whittaker (1970), quienes fundamentan que a medida que disminuye la altura de la pastura, aumenta la tasa de bocado y, por esa razón, aumenta el tiempo en pastoreo

como mecanismo de compensación. Esto genera un mayor tiempo de vacas pastoreando con bocados de menor peso, lo cual disminuye el tiempo destinado para la rumia y descanso. Por otra parte, el primer día en que entraron a la parcela se distinguieron claramente las sesiones de pastoreo ( $p>0,01$ ), coincidiendo con lo que exponen Chilbroste et al. (2015). Ellos explican que altas tasas de consumo instantáneo causan un rápido llenado ruminal por acumulación de partículas largas, que aumentan el tiempo de retención de forraje en el rumen y restringen el tiempo de consumo en la primera sesión de pastoreo.

#### 5.4 COMPORTAMIENTO EN ENCIERRO

Los resultados en este trabajo coinciden con los reportados por Kolver y Muller (1998), ya que se reportó una diferencia significativa ( $p>0,01$ ) en cuanto al tiempo que destinaron los animales a consumir alimento en el encierro durante el período de observación, siendo mayor en los tratamientos azul y verde comparado con el tratamiento rojo.

Otra diferencia encontrada es el tiempo en el que permanecen en pie dentro del encierro. Se pudo observar que el tratamiento rojo es el que permanece más tiempo en pie comparado con los otros dos tratamientos, los cuales no presentan diferencias significativas entre sí ( $p<0,01$ ). Esto pudo deberse a la diferencia en tiempo de consumo entre estos tratamientos (explicado anteriormente).

#### 5.5 CONDICIÓN CORPORAL

Bargo et al. (2002) evidenciaron que vacas alimentadas solo con TMR aumentaron la condición corporal, comparando la condición corporal al inicio del experimento con el final (21 semanas), mientras que vacas alimentadas con TMR parcial mantuvieron su condición corporal. Esto no coincide con los resultados en este experimento, en el cual se puede apreciar claramente que el tratamiento rojo (solo TMR) fue estadísticamente mayor ( $p<0,05$ ) a los tratamientos azules y verdes, ambos tratamientos de TMR parcial, que a lo largo del experimento no sufrieron cambios significativos, es decir, que se mantuvieron constantes en el tiempo. Estas discrepancias encontradas entre el experimento de Bargo et al. (2002) y este puede deberse a que cuando se comenzó a realizar mediciones de este indicador, el experimento ya estaba en proceso y las vacas ya presentaban varios días de lactancia. Esto se diferencia del experimento de Bargo, en el cual las mediciones comenzaron al principio de lactancia.

En cambio, los resultados de este experimento sí concuerdan con los trabajos realizados por Kolver y Müller (1998), quienes reportaron que existía diferencia estadística en CC y PV entre animales sometidos a un tratamiento de pastoreo y animal bajo un TMR. Y lo mismo sucede con los resultados del trabajo de Soriano et al. (2001), en el que también se encontró que vacas sometidas a una alimentación TMR presentaron mayor CC y menores tasas de pérdidas, si se compara con tratamientos que combinaron distintos horarios de pastoreo con TMR parcial.

Esto pudo deberse a que el consumo de alimento del tratamiento rojo fue ad libitum, la densidad energética de la dieta fue mayor que para los demás tratamientos y en las primeras semanas del experimento la producción del éste tratamiento, tanto los litros como los sólidos, estuvo por debajo de lo esperado. Además de lo mencionado anteriormente, presentaban menos gasto de energía tanto en la caminata hasta la sala de ordeño y tampoco tenían gasto de energía por pastoreo, si se compara con los otros dos tratamientos. Todos estos factores incidieron para que haya habido un aumento en la condición corporal del tratamiento rojo.

## 5.6 PESO VIVO

Los resultados en cuanto a peso vivo en este experimento no concordaron con el trabajo de Bargo et al. (2002), ya que en este último los distintos tratamientos presentaron un aumento de peso vivo en el tiempo. Es decir, que el peso al final del experimento fue mayor al peso inicial para los tres tratamientos, mientras que en este trabajo el único tratamiento que presentó aumentos en el tiempo fue el que se alimentaba únicamente con TMR (tratamiento rojo). Además, dichos resultados tampoco coinciden con los logrados por Soriano et al. (2001), en los que los distintos tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí, mientras que para este trabajo la única diferencia que se detectó estuvo en el tratamiento alimentado únicamente con TMR (tratamiento rojo). Se presentaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), comparado con los tratamientos azul y verde, los cuales tenían como dieta TMR más pasturas.

Al igual que para el indicador de condición corporal, esto pudo deberse a un balance energético positivo para el tratamiento rojo, por motivos que fueron explicados en el ítem anterior (ver gráfica en anexo).

## 5.7 CLIMA

Los resultados de este trabajo no concordaron con lo reportado por NRC (1981) ni tampoco con los de Bond et al. (1970), ya que la presencia de



precipitaciones y barro no denotaron una disminución en el consumo por parte de los animales pertenecientes al tratamiento verde, la cual se vería reflejada en una disminución en producción. La discordancia generada entre los resultados de los autores ya mencionados y los de este trabajo pueden deberse a que en el período en el que se ubicó este experimento no se generó el suficiente nivel de barro capaz de provocar disminuciones en cuanto a la producción, explicado mayormente por las características del encierro a cielo abierto mencionadas anteriormente, el cual era de muy buena calidad.

## 5.8 CAMA CALIENTE EN LA REALIDAD PRODUCTIVA DEL URUGUAY

Se intentó dejar clara cuál es la realidad de los sistemas productivos en Uruguay, y por eso es necesario hacer referencia a las ventajas que presenta este sistema de cama caliente en comparación con el sistema de encierro a cielo abierto, teniendo en cuenta que el encierro a cielo abierto en este trabajo siempre se mantuvo en buenas condiciones. Si bien los predios comerciales son muy heterogéneos en Uruguay, la base de la alimentación del ganado lechero es el forraje cosechado de forma directa. Aunque la oferta de este varía a lo largo del año, es una ventaja comparativa que tiene Uruguay con otros países, en donde diversos efectos climáticos imposibilitan el pastoreo y la cosecha de forraje en distintas épocas del año.

Por otro lado, los resultados publicados por Aguerre et al. (2018) muestran que los 28 predios evaluados tienen una alta incidencia de barro en las épocas de otoño e invierno. Durante estas estaciones se dan las menores tasas de crecimiento de las pasturas y, por tanto, es cuando la oferta de forraje es baja. Para mantener altas producciones se debe complementar con reservas de forraje y concentrado. Lo que plantean Aguerre et al. (2018) demuestra que el 57% de los pisos, frente a comederos estudiados en ese trabajo, eran de tierra o tosca, siendo los que tenían mayor profundidad de barro. Con base en esto, es donde se detecta una falla en los sistemas lecheros a nivel comercial en Uruguay. Como se menciona anteriormente, el pastoreo es una ventaja comparativa, pero también se deja en claro que sin un sistema de encierro que permita el suministro de reservas y concentrados, no es factible llegar a altas producciones de leche en ciertos meses del año. Y el sistema de encierro tradicional a cielo abierto tiene algunas limitantes, como la profundidad de barro anteriormente mencionada. Por este motivo es que la cama caliente es una alternativa al encierro a cielo abierto para los tambos de Uruguay, cuando las tasas de crecimiento del forraje son bajas, lo que permite realizar solo un turno de pastoreo por día.

En este trabajo no se encontraron diferencias significativas en producción y composición, ni tampoco en consumo de materia seca entre los

tratamientos azul y verde. Pero teniendo en cuenta que el régimen de precipitaciones durante las mediciones no demuestra que haya sido un “invierno seco”, el factor barro pudo haber estado presente e incidir negativamente en el tratamiento a cielo abierto, aunque las diferencias en producción y composición no sean significativas.

Si bien con base en lo explicado anteriormente se podría decir que no hay resultados que motiven a un cambio en los sistemas lecheros comerciales de Uruguay, se deberían tomar en cuenta otros aspectos. Se presenta como una alternativa que es muy amigable con el medio ambiente, debido a que recicla las deyecciones animales para ser utilizadas como fuente de energía para los microorganismos. Estos son los que mantendrán la cama caliente en buenas condiciones, para evitar la reproducción de patógenos dentro de esta. También es de fácil manejo en comparación con otros sistemas de estabulación.

Es por esto que no se descarta el sistema de cama caliente para la aplicación en los sistemas lecheros de Uruguay. Si bien los resultados obtenidos no lo respaldan, se debería evaluar todas las ventajas que presenta frente a los sistemas a cielo abierto, además de que podría funcionar perfectamente en sinergia con el sistema de base pastoril, ya que trae estabilidad y seguridad a sistemas de alta carga, donde los eventos climáticos adversos son un problema para sistemas de encierro con bajo control del ambiente, tanto el exceso de precipitaciones como días con alto ITH en verano. Así es cómo el sistema de cama caliente levanta algunas de las limitantes de los predios comerciales en Uruguay, y surge como posibilidad para seguir la ruta de intensificación explorada en los últimos años, dándole sostenibilidad a los sistemas productivos por tener a las pasturas como una de las principales fuentes de alimento y mejorar el reciclaje de nutrientes en el encierro con cama caliente, además de generar estabilidad en la producción a lo largo del tiempo, asegurando una constante oferta y calidad de alimentos, las cuales son una de las limitantes que presentan los sistemas pastoriles en Uruguay.

## 6. CONCLUSIONES

En cuanto a producción y composición, animales con DTM presentaron mayor producción de leche y sólidos en cantidad pero no en porcentaje, debido a un mayor consumo de MS y energía.

Para CC y PV se da la misma tendencia, animales con DTM presentan una condición corporal significativamente mayor que animales con DPM, mientras que en peso vivo se puede ver una divergencia entre los tratamientos siendo esta favorable para los animales con DTM.

Los comportamientos en pastoreo no presentaron diferencias significativas en promedio para los 4 días que se realizaron las mediciones.

En comportamiento en encierro, los tratamientos azul y verde destinaron más tiempo a consumir que el tratamiento rojo. Por otra parte estas últimas dedicaron mayor tiempo a descansar en pie comparando con los tratamientos azul y verde los cuales no se diferenciaron entre sí.

## 7. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto en producción de leche (Kg/día), composición (grasa, proteína y lactosa), peso vivo y condición corporal de diferentes estrategias de alimentación y diferentes ambientes sobre vacas Holando de parición de otoño. El experimento fue realizado en UdelaR, Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni), ubicada en el km 363 de la ruta nacional No. 3 en el departamento de Paysandú. Se utilizó un diseño completamente al azar, en el cual 48 vacas fueron distribuidas en 3 tratamientos con 16 vacas cada uno, siendo cada vaca la unidad experimental. Por lo tanto cada tratamiento tenía 16 repeticiones. El tratamiento “ACA-DTM” consistía en un encierro permanente en el establo con sistema de cama caliente, agua *ad libitum*, ventilación y alimentación DTM que cubriera con el 100 % de los requerimientos de mantenimiento y producción. En los tratamientos “ACA-DPM” y “BCA-DPM”, los animales pastoreaban en la mañana luego del ordeño matutino y, posteriormente al ordeño vespertino, permanecían encerrados, donde eran alimentados con una dieta totalmente mezclada, al igual que el tratamiento “ACA-DTM”. El tratamiento “ACA-DPM”, a diferencia del “BCA-DPM”, permanecía en el establo con sistema de cama caliente, al igual que el tratamiento “ACA-DTM”, mientras que el tratamiento “BCA-DPM” el encierro era a cielo abierto. Estos encierros también eran realizados cuando las condiciones climáticas eran extremas o cuando la disponibilidad de la pastura era inferior a 1800 kgMS/ha. Las pasturas ofrecidas estaban distribuidas en 4 potreros, los cuales estaban compuestos por avena y raigrás (potrero 21), festuca de segundo año (potrero 22), festuca y lotus de tercer año (potrero 23) y alfalfa y dactilis (potrero 24). Los resultados muestran que el tratamiento “ACA-DTM” presentó una producción de leche significativamente mayor que los otros dos tratamientos, debido principalmente a un balance energético mayor, mientras que entre estos dos últimos tratamientos no hubo diferencia. En cuanto a composición (grasa, proteína y lactosa), en términos porcentuales no se encontraron diferencias, pero sí en términos relativos. Esto se debe a que el tratamiento “ACA-DTM”, al producir más leche, también generó más sólidos. Con respecto al peso vivo, lo que sucedió fue que mientras los tratamientos que incluían pasturas en sus dietas disminuían a lo largo del tiempo, el tratamiento de encierro total aumentó su peso. No sucedió lo mismo en cuanto a condición corporal, que con el transcurso del tiempo las vacas de los tratamientos “ACA-DPM” y “BCA-DPM” se mantuvieron constantes, mientras que las del tratamiento “ACA-DTM” tuvieron una leve tendencia a aumentar su condición corporal.

Palabras clave: “ACA-DTM”; “ACA-DPM”; “BCA-DPM”; Cama caliente; Pastoreo; Producción de leche; Composición.

## 8. SUMMARY

The objective of this study was to compare the effect on milk production (Kg /day), composition (fat, protein and lactose), live weight and body condition of different feeding strategies combined with different environmental conditions on Holstein cows of autumn calving. The experiment took place at UdelaR, Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni), located at km 363 of the National Route No. 3 in the department of Paysandú. Distribution of the cows was randomly selected, distributed evenly in 3 treatments. Each treatment had 16 repetitions where each cow was the experimental unit. The “ACA-DTM” treatment consisted of permanent confinement in a stable with a hot bed system, *ad libitum* water, ventilation and DTM feeding that covered 100% of the maintenance and production requirements. In the “ACA-DPM” and “BCA-DPM”, the cows grazed after the morning milking and they remained locked up after the evening milking, being fed with a total mixed diet as well as the “ACA-DTM” treatment. The “ACA-DPM” treatment, unlike the “BCA-DPM”, remained in the stable with heated bed system, as the “ACA-DTM” treatment, while the “BCA-DPM” treatment was kept in the open air confinement. Hot bed system confinements also took place when the climatic conditions were extreme or when the availability of the pasture did not reach the 1800 kgDM/ha, requirements to enter the plot. The pastures were distributed in 4 paddocks, consisted of oats and ryegrass (Paddock 21), second year fescue (Paddock 22), third year fescue and lotus (Paddock 23) and alfalfa and dactilis (Paddock 24). The results established a significantly higher milk production in the “ACA-DTM” treatment compared to the other two treatments, mainly due to a higher energy balance. While there was no difference between the “ACA-DPM” and “BCA-DPM” treatments. Regarding composition, in percentage terms, there was no difference found. In relative terms, since the “ACA-DTM” treatment produced more milk, it produced more solids. Treatments that included pastures in their diet showed that the live weight decreased over time, while the cows that were permanently confined developed an increased weight. The same did not happen in terms of body condition, the “ACA-DPM” and “BCA-DPM” treatments remained constant over time, while those of the “ACA-DTM” treatment had a slight tendency to increase their body condition.

Key words: “ACA-DTM”; “ACA-DPM”; “BCA-DPM”; Hot bed system; Grazing; Milk production; Composition.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Agnew, R. E.; Yan, T. 2000. Impact of recent research on energy feeding systems for dairy cattle. *Livestock Production Science*. 66:197-215.
2. Aguerre, M.; Méndez, M.; Torterolo, S.; Chilibroste, P. 2018. Dimensionamiento y característica de la infraestructura en sistemas lecheros comerciales 1: animales en lactancia. In: Congreso de la Asociación Uruguaya de Producción Animal (4º., 2018, Tacuarembó). Resúmenes. Tacuarembó, AUPA. p. 169.
3. Allden, W. L.; Whittaker, I. A., McD. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: Interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal of Agricultural Science*. 21:755-766.
4. Barberg, A. E.; Endres, M. I.; Salfer, J. A.; Reneau, J. K. 2007. Performance, health and well-being of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. *Journal of Dairy Science*. 90:1575-1583.
5. Bargo, F.; Muller, L. D.; Varga, G. A.; Delahoy, J. E.; Cassidy, T. W. 2002. Ruminant digestion and fermentation of high-producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*. 85 (11):2964-2973.
6. Bond, T. E.; Garrett, W. N.; Givens, R. L.; Morrison, S. R. 1970. Effects of mud-wind-rain on beef cattle performance in feed lot. *California Agriculture*. 24 (8):6-7.
7. Cajarville, C.; Mendoza, A.; Santana, A.; Repetto, J. L. 2012. En tiempos de intensificación productiva... ¿Cuánto avanzamos en el conocimiento de los nuevos sistemas de alimentación de la vaca lechera? *Veterinaria (Montevideo)*. 48:35-39.
8. \_\_\_\_\_; Britos, A.; Errandonea, N.; Gutiérrez, L.; Cozzolino, D.; Repetto, J. L. 2015. Diurnal changes in water-soluble carbohydrate concentration in lucerne and tall fescue in autumn and the effects on in vitro fermentation. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 58 (3):281-291.

9. Campanella, M.; Ferreira, B.; Gómez, F. 2010. Consumo y comportamiento en pastoreo de vacas Angus, Hereford y sus cruza F1 en diferentes asignaciones de campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 75 p.
10. Charlton, G. L.; Rutter, S. M.; East, M.; Sinclair, L. A. 2011. Preference of dairy cows; indoor cubicle housing with access to a total mixed ration vs. access to pasture. *Applied Animal Behaviour Science*. 130:1-9.
11. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 2017. The behaviour of housed dairy cattle with and without pasture access: a review. *Applied Animal Behaviour Science*. 192:2-9.
12. Chilbroste, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero: I. Predicción del consumo. *In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (26<sup>as.</sup>, 1998, Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 1-7.*
13. \_\_\_\_\_; Gibb, M.; Tamminga, S. 2005. Pasture Characteristics and Animal Performance. *In: Dijkstra, J.; Forbes, J. M.; France, J. eds. Quantitative Aspects of Ruminants Digestion and Metabolism. 2<sup>nd.</sup> ed. Wallingford, CAB. pp. 681-706.*
14. \_\_\_\_\_; Meikle, A.; Mattiauda, D. A.; Bentancur, O.; Soca, P. 2010. The american holstein dairy cow during lactation: grazer or browser? Paysandú, Uruguay, Facultad de Agronomía. 10 p.
15. \_\_\_\_\_; Soca, P.; Mattiauda, D. 2011. Balance entre oferta y demanda de nutrientes en sistemas pastoriles de producción de leche: potencial de intervención al inicio de la lactancia. *In: Congreso Latinoamericano de Buiatría (15.<sup>o</sup>), Jornadas Uruguayas de Buiatría (39<sup>as.</sup>, 2011, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, CMVP. pp. 91-96.*
16. \_\_\_\_\_; Gibb, M. J.; Soca, P.; Mattiauda, D. A. 2015. Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: do they follow a predictable pattern? *Animal Production Science*. 55:328-338.

17. \_\_\_\_\_.; Battezzato, G. 2019. Proyecto producción competitiva. Montevideo, CONAPROLE. 31 p.
18. Delagarde, R.; O'Donovan, M. 2005. Les modèles de prevision de l'ingestion journalière d'herbe et de la production laitière des vaches au pasturage. INRA Productions Animales. 18 (4):241-253.
19. DeVries, T. J.; von Keyserlingk, M. A. G. 2005. Time of Feed Delivery Affects the Feeding and Lying Patterns of Dairy Cows. Journal of Dairy Science. 88 (2):625-631.
20. \_\_\_\_\_.; Greter, A. M. 2011. Effect of feeding amount on the feeding and sorting behaviour of lactating dairy cattle. Canadian Journal Animal Science. 91 (1):47-54.
21. Eastridge, M. L. 2006. Major Advances in Applied Dairy Cattle Nutrition. Journal of Dairy Science. 89 (4):1311-1323.
22. Endres, M. I. 2008. Compost Bedded Pack Barns – Can They Work For You. WCDS. Advances in Dairy Technology. 21:271-279.
23. Fajardo, M. 2013. Integración de pastura y dietas totalmente mezcladas en la alimentación de vacas Holando a inicio de lactancia. Tesis MSc. en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 56 p.
24. \_\_\_\_\_.; 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.
25. Forbes, J. M. 1995. Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. Wallingford, UK, CABI. pp. 217-232.
26. Frossasco, G.; García, F.; Odorizzi, A.; Ferrer Martínez, J.; Brunetti, M. A.; Echevarría, A. 2015. Evaluación de distintos sistemas intensivos. (en línea). Córdoba, INTA. 10 p. Consultado oct. 2020. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_evaluacion\\_de\\_distintos\\_sistemas\\_lecheros\\_intensivos.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_evaluacion_de_distintos_sistemas_lecheros_intensivos.pdf).



27. Gibb, M.J.; Huckle, C. A.; Nuthall, R.; Rook, A. J. 1997. Effect of sward surface height on intake and grazing behaviour by lactating Holstein Friesian cows. *Grass and Forage Science*. 52 (3):309-321.
28. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1998. Effect of time of day on grazing behavior and intake rate by dairy cows. *Grass and Forage Science*. 53:41-46.
29. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Rook, A. J. 1999. The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behaviour and intake by dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*. 63 (4):269-287.
30. Gill, M.; Romney, D. 1994. The relationship between the control of meal size and the control of daily intake in ruminants. *Livestock Production Science*. 39:13-18.
31. Grant, R. J.; Albright, J. L. 2001. Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 84 (E. Suppl.):E156-E163.
32. Guala, G.; Ortega, G.; Pelaez, D. 2013. Comportamiento productivo de vacas Holando de parición de otoño con y sin acceso al pastoreo durante los primeros 60 días de lactancia. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 84 p.
33. Hedlund, L.; Rolls, J. 1977. Behavior of lactating dairy cows during total confinement. *Journal of Dairy Science*. 60 (11):1807-1812
34. Hodgson, J.; Wilkinson, J. M. 1968. The influence of the quantity of herbage offered and its digestibility on the amount eaten by grazing cattle. *Grass and Forage Science*. 23 (1):75-80.
35. \_\_\_\_\_. 1985. The control of herbage intake in the grazing ruminant. *Proceedings of the Nutrition Society*. 44:339-346.
36. Ketelaar-De Lauwere, C. C.; Ipema, A. H.; Lokhorst, C.; Metz, J. H. M.; Noordhuizen, J. P. T. M.; Schouten, W. G. P.; Smits, A. C. 2000. Effects of sward height and distance between pasture and barn on cows' visits to an automatic milking system and other behavior. *Livestock Production Science*. 65:131-142.

37. Kolver, E. S.; Müller, L. D. 1998. Performance and nutrient intake of high producing holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 81(5):1403-1411.
38. \_\_\_\_\_.; Roche, J. R.; De Veth, M. J.; Thorne, P. L.; Naper, A. R. 2000. Total mixed rations versus pasture diets: Evidence for a genotype x diet interaction in dairy cow performance. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 62:246-251.
39. \_\_\_\_\_. 2003. Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proceedings of the Nutrition Society*. 62:291-300.
40. Kristensen, T.; Oudshoorn, F.; Munksgaard, L.; Soegaard, K. 2007. Effect of time at pasture combined with restricted indoor feeding on production and behaviour in dairy cows. *Animal*. 1:439-448.
41. Laca, E. A.; Ungar, E. D.; Seligman, N.; Demment, M. W. 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science*. 47:91-102.
42. \_\_\_\_\_. 1996. Foraging strategies of grazing animals. In: Hodgson, J.; Illius, A. W. eds. *The ecology and management of grazing systems*. s.l., CABI. pp. 137-158.
43. López, F. J. 2006. Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias*. 4 (1):77-86
44. Meikle, A.; Adrien, M. L.; Mattiauda, D. A.; Chilbroste, P. 2013. Effect of sward conditions on metabolic endocrinology during the early postpartum period in primiparous grazing dairy cows and its association with productive and reproductive performance. *Animal Feed Science and Technology*. 186:139-147.
45. Mendoza, A.; Cavestany, D.; Roig, G.; Ariztia, J.; Pereira, C.; Lamanna, F.; Contreras, D. A.; Galina, C. S. 2010. Effect of restricted suckling on milk yield, composition and flow, udder health, and postpartum anoestrus in grazing Holstein cows. *Livestock Science*. 127(1):70-66.

46. \_\_\_\_\_.; Cajarville, C.; Repetto, J. L. 2016. Intake, milk production, and milk fatty acid profile of dairy cows fed diets combining fresh forage with a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 99(3):1938-1944.
47. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias, UY). 2019. Anuario estadístico agropecuario 2019. Montevideo. 255 p.
48. NRC (National Research Council, US). 1981. *Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals*. Washington, D. C., National Academic Press. 168 p.
49. \_\_\_\_\_. 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7<sup>th</sup>. rev. ed. Washington, D. C., National Academic Press. 381 p.
50. Orr, R. J.; Rutter, S. M.; Penning, P. D.; Rook, A. J. 2001. Matching grass supply to grazing patterns for dairy cows. *Grass and Forage Science*. 56:352-361.
51. Paranhos da Costa, M. J. R.; Costa-e-Silva, E. V. 2007. Aspectos básicos do comportamento social de bovinos. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*. 31:172-176.
52. Penning, P. D. 1986. Some effects of sward conditions on grazing behaviour and intake in sheep. In: Gudmundsson, O. ed. *Grazing Research at Northern Latitudes*. London, Plenum/NATO Scientific Affairs Division. pp. 219- 226.
53. Pérez-Prieto, L. A.; Peyraud, J. L.; Delagarde, R. 2011. Substitution rate and milk yield response to corn silage supplementation of late-lactation dairy cows grazing low-mass pastures at 2 daily allowances in autumn. *Journal of Dairy Science*. 94:3592-3604.
54. Pomiés, N. 2014. *Combinación de diferentes niveles de forraje fresco y ración totalmente mezclada en dietas de vacas lecheras: efecto sobre el aprovechamiento digestivo*. Tesis de Maestría. Montevideo, Uruguay. Universidad de la Republica. Facultad de Veterinaria. 55 p.
55. Soriano, F. D.; Polan, C. E.; Miller, C. N. 2001. Supplementing pasture to lactating holsteins fed a total mixed ration diet. *Journal of Dairy Science*. 84 (11):2460-2468.

56. Stakelum, G.; Dillon, P. 1989. The effect of herbage mass on the herbage intake and grazing behaviour of dairy cows. In: International Grassland Congress (16<sup>th</sup>., 1989, Nice, France). Proceedings. Ireland, Teagasc. pp. 17-30.
57. White, S. L.; Benson, G. A.; Washburn, S. P.; Greer, J. T. Jr. 2002. Milk production and economic measures in confinement or pasture systems using seasonally calved holstein and jersey cows. *Journal of Dairy Science*. 85 (1):95-104.
58. Wu, Z.; Kanneganti, Z. V. R.; Massingill, L. J.; Wiltbank, M. C.; Walgenbach, R. P.; Satter, L. D. 2001. Milk production of fall-calving dairy cows during summer grazing of grass or grass-clover pasture. *Journal of Dairy Science*. 84:1166-1173.
59. Young, B. A. 1981. Cold stress as it affects animal production. *Journal of Animal Science*. 52:154-163.

## 10. ANEXOS

Anexo 1. Temperaturas mínimas para cada mes en °C

Mes	Temperatura mínima(°C)
Junio	2.3
Julio	-0.9
Agosto	-0.2
Setiembre	4.0

Como se puede apreciar en el Anexo 1, se puede confirmar que fue un invierno frío. Es importante mencionar que las temperaturas ilustradas en el cuadro son las mínimas, pero en cada mes se repitieron varias veces temperaturas similares, levemente mayores a las que representa el cuadro.

Anexo 2. Balance energético en Mcal para los distintos tratamientos en las distintas semanas

Balance (Mcal)			
	Rojo	Azul	Verde
Semana 1	6,0	7,8	0,2
Semana 2	0,4	4,4	-1,2
Semana 3	7,9	1,5	0,0
Semana 4	7,3	0,0	0,0
Semana 5	-0,2	-0,9	0,8
Semana 6	12,4	0,0	0,0
Semana 7	5,5	0,0	0,0
Semana 8	3,8	0,0	0,0
Semana 9	1,7	0,0	0,0
Semana 10	3,4	0,0	0,1
Semana 11		0,4	0,0
Semana 12		0,0	0,0
Semana 13		0,0	0,0
Semana 14		0,0	0,0
Semana 15		0,0	0,0
Semana 16		0,0	0,0

Anexo 3. Requerimientos energéticos para cada tratamiento en las distintas semanas

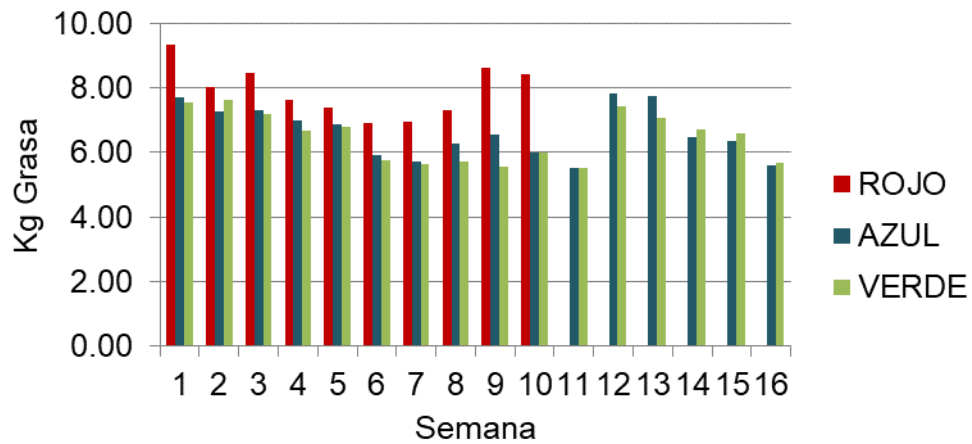
Requerimientos (Mcal)			
	Rojo	Azul	Verde
Semana 1	38,5	35,1	33,8
Semana 2	35,9	35,0	35,2
Semana 3	38,9	33,7	33,4
Semana 4	37,3	33,2	32,7
Semana 5	37,5	32,1	31,8
Semana 6	34,7	32,2	31,2
Semana 7	34,6	31,7	31,7
Semana 8	38,2	31,6	32,2
Semana 9	39,2	31,8	32,8
Semana 10	36,3	31,6	31,6
Semana 11		31,4	31,6
Semana 12		32,2	32,8
Semana 13		32,2	31,9
Semana 14		30,0	30,3
Semana 15		29,3	28,9
Semana 16		28,8	28,2

Anexo 4. Consumo de energía para los distintos tratamientos en las distintas semanas

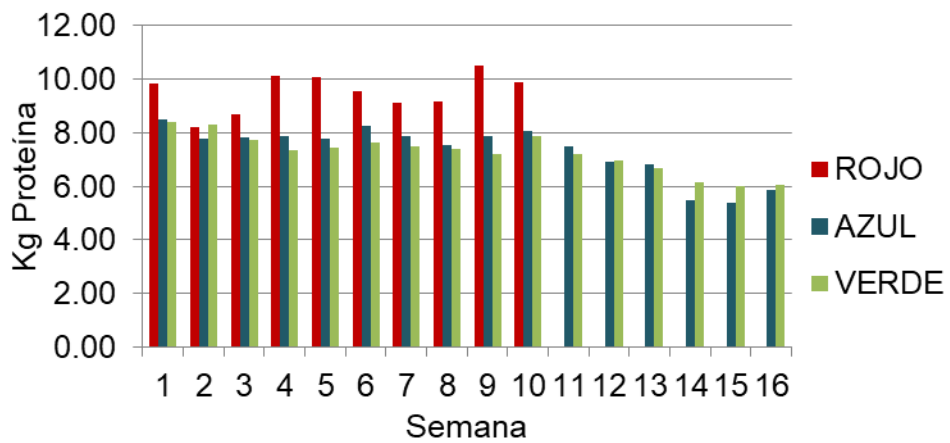
Consumo (Mcal)			
	Rojo	Azul	Verde
Semana 1	44,4	42,9	34,0
Semana 2	36,3	39,5	34,0
Semana 3	46,8	35,2	33,4
Semana 4	44,7	33,2	32,7
Semana 5	37,3	31,2	32,6
Semana 6	47,0	32,2	31,2
Semana 7	40,2	31,7	31,7
Semana 8	41,9	31,6	32,2
Semana 9	40,9	31,7	32,7
Semana 10	39,6	31,5	31,7
Semana 11		31,7	31,6
Semana 12		32,2	32,8
Semana 13		32,3	31,9
Semana 14		29,9	30,3
Semana 15		29,3	29,0
Semana 16		28,8	28,3



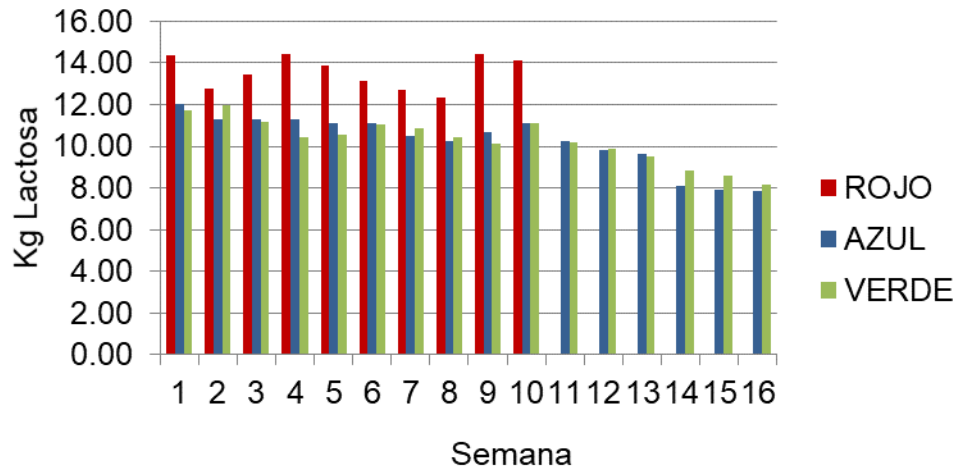
Anexo 5. Evolución semanal de producción de grasa



Anexo 6. Evolución semanal de producción de proteína



Anexo 7. Evolución semanal de producción de lactosa



Anexo 8. Resumen de actividades promedio para cada tratamiento en los distintos días

		Tratamiento	
		Verde	Azul
Pastoreo	Día 1	47%	50%
	Día 2	52%	57%
	Día 3	42%	59%
	Día 4	57%	52%
Descansa	Día 1	19%	20%
	Día 2	19%	15%
	Día 3	17%	12%
	Día 4	15%	11%
Rumia	Día 1	25%	24%
	Día 2	21%	20%
	Día 3	19%	20%
	Día 4	18%	14%

Anexo 9. Promedio de actividades en encierro

Actividad	Tratamiento		
	Rojo	Azul	Verde
Comiendo	19,6% a	29,4% b	30,1% b
Rumiando echada	22,7% a	18,13% a	25,3% a
Rumiando parada	12,5% a	10,4% a	7,1% a
Echada	20,9% a	24,1% a	20,8% a
En pie	21,5% a	12% b	15,6% b